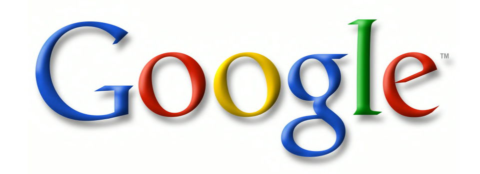
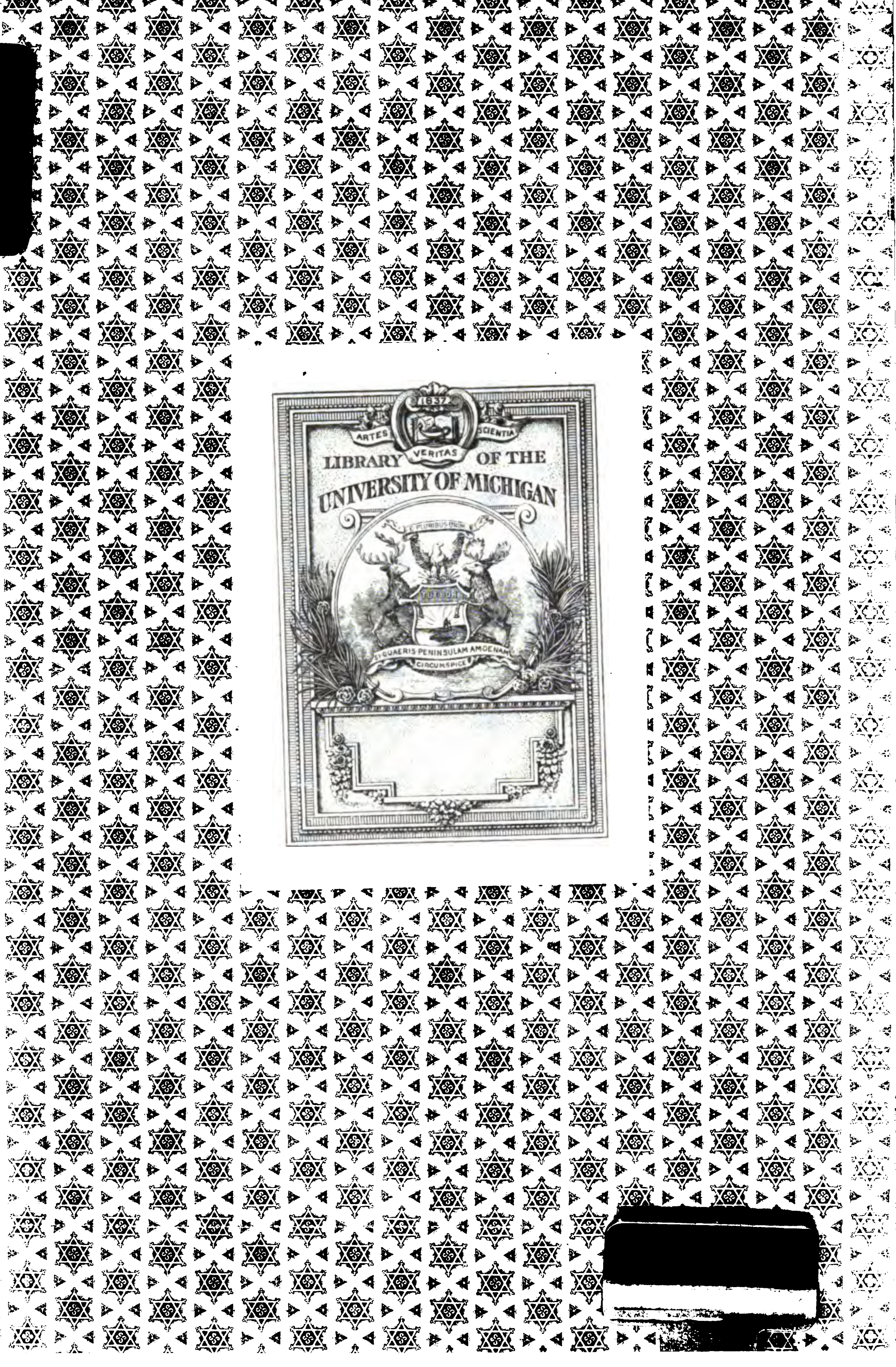
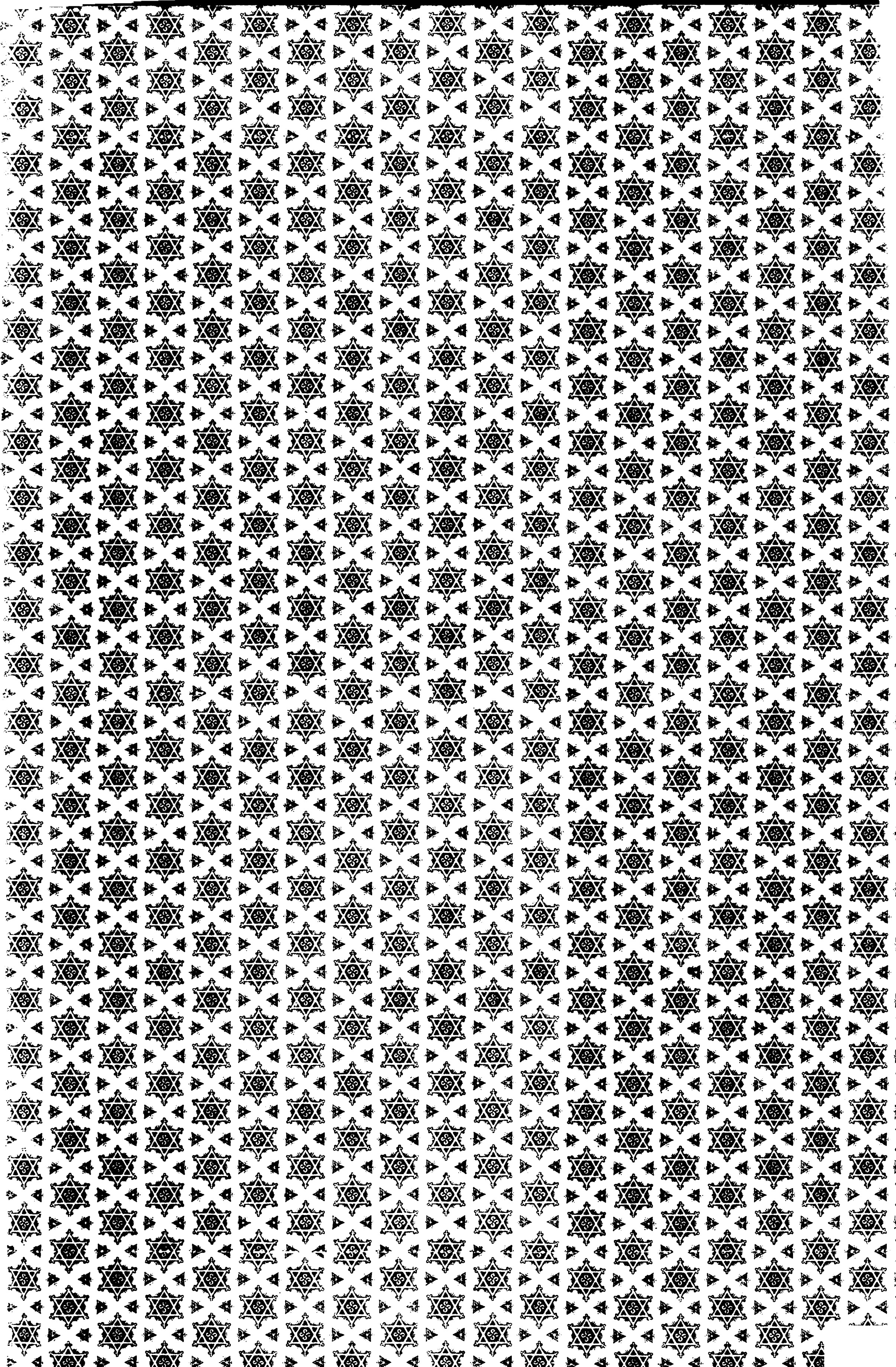




1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



Die

Morphologie und Physiologie

des pflanzlichen Zellkernes.

Eine kritische Litteraturstudie

von

Prof. Dr. A. Zimmermann,
Privat-Dozent der Botanik an der Universität zu Berlin.

Mit 84 Figuren im Text.

Jena,
Verlag von Gustav Fischer.
1896.

Seiner lieben Mutter

in Dankbarkeit und Verehrung

der Verfasser.

Vorrede.

Bei Abfassung des vorliegenden Buches habe ich es mir zur Aufgabe gemacht, die zahlreichen in der Litteratur zerstreuten Angaben, welche sich auf den pflanzlichen Zellkern beziehen, zusammenzustellen und, soweit als möglich, an der Hand von eigenen Untersuchungen kritisch zu beleuchten. Die weitgehende Uebereinstimmung zwischen den pflanzlichen und tierischen Zellkernen ließ es aber ferner geboten erscheinen, auch die die tierische Histologie behandelnden Arbeiten mit zu berücksichtigen. Bei der enormen Ausdehnung dieser Litteratur mußte ich mich jedoch darauf beschränken, in allen allgemeineren Fragen auf die Beziehungen zwischen den zoologischen und den botanischen Untersuchungen hinzuweisen.

Die beigegebenen Figuren wurden fast ausschließlich auf zinkographischem Wege nach Zeichnungen hergestellt, die teils nach mikroskopischen Präparaten, teils nach den citierten Originalarbeiten angefertigt waren. Die meisten dieser Zeichnungen verdanke ich meiner Frau, LUISE ZIMMERMANN.

Danken möchte ich schließlich auch an dieser Stelle Herrn stud. rer. nat. et math. P. ZÜHLKE, der mir bei der Erledigung der Korrekturen behülflich war.

Berlin, Botanisches Institut,
September 1896.

A. Zimmermann.

Inhaltsübersicht.

I. Allgemeiner Teil.

II. Specieller Teil.

I. Allgemeiner Teil.

1. Untersuchungsmethoden.

Wenn auch der Zellkern in sehr zahlreichen Fällen schon innerhalb der lebenden Zellen als ein besonderes, scharf abgegrenztes Organ des Plasmakörpers mit Sicherheit zu erkennen ist, so sind doch die großen Fortschritte, welche unsere Kenntnisse von der feineren Struktur und den verschiedenartigen Metamorphosen des Kerns in den letzten beiden Decennien gemacht haben, fast ausschließlich der Ausbildung der Fixierungs- und Tinktionsmethoden zu danken. Allerdings kann ja keineswegs in Abrede gestellt werden, daß diese Methoden mit einer gewissen Vorsicht angewandt werden müssen, und daß man nicht berechtigt ist, daraus, daß durch eine bestimmte Behandlung irgendwelche gefärbte Körper sichtbar gemacht werden können, den Schluß zu ziehen, daß diese die gleiche Gestalt auch bereits innerhalb der lebenden Zellen besessen hätten. Es ist ja sogar a priori die Möglichkeit nicht zu bestreiten, daß es sich bei den fraglichen Körpern lediglich um Kunstprodukte handelt, die etwa durch das Fixierungsmittel in den betreffenden Zellen niedergeschlagen sind. Die speciell zum Nachweis der Zellkerne benutzten Fixierungs- und Tinktionsmittel haben sich nun aber derartig bewährt, daß ein geübter Mikroskopiker wohl nur in den seltensten Fällen — so namentlich bei den niedersten Organismen — darüber in Zweifel sein kann, ob fragliche Körper als Kerne zu deuten sind oder nicht.

Anders liegt die Sache allerdings, wenn es sich um die feinere Struktur des Kernes handelt. In dieser Hinsicht zeigen die nach den verschiedenartigen Methoden dargestellten Präparate häufig derartige Verschiedenheiten, daß ein sicheres Urteil über die Beschaffenheit der wirklich in der lebenden Zelle vorhandenen Strukturen nicht möglich erscheint. Um so wünschenswerter wäre hier natürlich eine Kontrolle an lebenden Objekten. Doch lassen uns leider diese gerade hier ebenfalls fast vollständig im Stich, und wenn es bei der ausnahmslosen Farblosigkeit des Kernes häufig schon schwierig ist, den Zellkern innerhalb der lebenden Zelle überhaupt nur mit Sicherheit zu beobachten, so gilt dies bei den im allgemeinen nur relativ geringen Lichtbrechungsverschiedenheiten der verschiedenen Kernbestandteile in noch viel höherem Grade von der feineren Struktur desselben. Auch die von verschiedenen Autoren, BRAND (II), CAMPBELL (VII) u. a., erzielte Lebendfärbung des Kernes hat bisher in dieser Hinsicht

keine neuen Aufschlüsse zu liefern vermocht, da in dieser Weise eine scharf differenzierte Färbung einzelner Kernbestandteile bisher nicht möglich war.

Indem ich nun hinsichtlich der allgemeinen Fixierungs- und Tinktionstechnik auf die einschlägige Speciallitteratur, speciell auf W. BEHRENS (I), STRASBURGER (II) und ZIMMERMANN (V und VII, 248) verweise, will ich in diesem Abschnitte nur diejenigen Methoden kurz besprechen, welche speciell bei der Fixierung und Tinktion des Kernes gute Dienste zu leisten imstande sind, und zwar will ich mich auf diejenigen Methoden beschränken, die mir wirklich einer allgemeineren Anwendung fähig zu sein scheinen. Einige zu ganz speciellen Zwecken dienende Methoden sollen dagegen in den späteren Abschnitten dieses Buches besprochen werden.

Besonders möchte ich aber an dieser Stelle noch auf das in neuerer Zeit auch bei botanischen Untersuchungen immer mehr zur Anwendung gelangende Einbettungsverfahren in Paraffin oder Celloidin und auf das Schneiden mit dem Mikrotom hinweisen. Es kann wohl zur Zeit kein Zweifel mehr darüber bestehen, daß die in dieser Weise zu erlangenden feinen Schnitte für viele Zellkernstudien unbedingt notwendig sind und daß das Mikrotom in den meisten anderen Fällen die Präparation zum mindesten sehr erleichtert. Bezüglich der Anwendung des Mikrotoms für botanische Untersuchungen verweise ich auf ZIMMERMANN (II, 30 und VII, 267).

A. Fixierungsmittel.

Bei der nachfolgenden Besprechung der speciell für Kernstudien geeigneten Fixierungsmittel habe ich dieselben streng alphabetisch geordnet und auch Gemische im Anschluß an diejenige Verbindung angeführt, welche mit dem niedersten Buchstaben des Alphabets beginnt. Da aber einzelne Fixierungsmittel in der Litteratur häufig einfach nach ihrem Autor benannt werden, habe ich auch diese unter Citierung der betreffenden Originalarbeiten mit angeführt.

1. Alkohol.

Absoluter Alkohol wird sehr häufig als Fixierungsmittel benutzt und ist auch schon seiner einfachen Anwendung halber für viele Fälle sehr anzuempfehlen. Bei manchen Objekten gestattet er aber keine scharfe Kernfärbung und namentlich auch keine gute tinktionelle Differenzierung der verschiedenen Kernbestandteile.

2. Ameisensäure + Chromsäure.

Die von RABL (I, 215) speciell für Kernteilungsfiguren empfohlene Chromameisensäure besteht aus:

200 g $^1/_3$-proz. Chromsäure
4—5 Tropfen konzentrierter Ameisensäure.

3. Chloroform + Essigsäure.

Das von CARNOY (II, 276) empfohlene Fixierungsgemisch besteht aus:

6 Vol. absol. Alkohol
1 „ Essigsäure
3 „ Chloroform.

Es wird von ROSEN (III, 232) speciell für Farne empfohlen.

4. Chromsäure.

Chromsäure wird namentlich in 1-proz. Lösung zur Fixierung von Algen angewandt. OVERTON (VI, 10) empfiehlt zum Auswaschen derselben schweflige Säure. Nach VIRCHOW (I) dürfen mit Chromsäure fixierte Objekte vor der vollständigen Entfernung der Chromsäure mit Alkohol nur im Dunkeln zusammengebracht werden.

5. Chromsäure + Essigsäure.

Gemische von Chromsäure und Essigsäure werden von FLEMMING speciell zur Sichtbarmachung der achromatischen Kernfigur benutzt, und zwar empfiehlt er (I, 382) namentlich ein Gemisch von:

0.2—0.25 Proz. Chromsäure }
0.1 „ Essigsäure } in Wasser.

PFEIFFER VON WELLHEIM (I) empfiehlt speciell zur Fixierung von Algen ein Gemisch von:

70 ccm 1-proz. Chromsäure
5 „ Eisessig
30 „ Wasser.

6. Chromsäure + Essigsäure + Osmiumsäure.

Von FLEMMING (VIII) wurden namentlich zwei verschiedene Gemische empfohlen. Von diesen enthält das verdünntere Gemisch:

0.25 Proz. Chromsäure
0.1 „ Eisessig
0.1 „ Osmiumsäure.

Das konzentriertere Gemisch wird dargestellt durch Vermischen von:

15 Vol. 1-proz. Chromsäure
1 „ Eisessig
4 „ 2-proz. Osmiumsäure.

Beide Gemische sind in gleicher Weise für tierische und pflanzliche Organe anzuwenden und werden namentlich bei der Untersuchung der Kernteilungsfiguren sehr vielfach verwandt.

7. Chromsäure + Platinchlorid.

Die von MERKEL (I, 19) empfohlene Fixierungsflüssigkeit besteht aus:

1 Vol. 1-proz. Chromsäure
1 „ 1 „ Platinchlorid
6 „ Wasser.

Dieselbe leistet auch bei pflanzlichen Objekten ausgezeichnete Dienste.

8. Essigsäure + Osmiumsäure + Pikrinsäure.

Die von VOM RATH (I) empfohlene Mischung besteht aus:

4 ccm Eisessig
1 g Osmiumsäure
1000 ccm konzentrierte wässerige Pikrinsäurelösung.

Dieselbe wurde in neuerer Zeit von verschiedenen Autoren speciell zur Untersuchung der Kernteilungsfiguren benutzt.

9. Essigsäure + Osmiumsäure + Pikrinsäure + Platinchlorid.

VOM RATH (II) empfiehlt folgende Mischung:

500 ccm konzentrierte wässerige Pikrinsäure
3 „ Eisessig
5 g Platinchlorid in 5 ccm Wasser gelöst
2 „ Osmiumsäure.

Dieselbe wird wie die vorstehende namentlich bei der Untersuchung der Kernteilung verwandt.

10. Essigsäure + Osmiumsäure + Platinchlorid.

Die von HERMANN (I, 59 und II, 571) empfohlene Lösung besteht aus:

1 Vol. Eisessig
2—4 „ 2-proz. Osmiumsäure
15 „ „ Platinchlorid.

Handelt es sich speciell um die Untersuchung der achromatischen Kernfigur, bringt er die Objekte nach dem Auswaschen in Wasser und Härten in Alkohol von steigender Konzentration 12—18 Stunden in rohen Holzessig.

11. Essigsäure + Pikrinsäure.

Das von BOVERI (III) empfohlene Gemisch besteht aus:

100 Vol. konzentrierter wässeriger Pikrinsäurelösung
200 „ Wasser
3 „ Eisessig.

Mit demselben fixierte tierische Objekte zeigen die Centralkörper besonders gut.

12. Essigsäure + Quecksilberchlorid.

Von KEISER (I) wird folgendes Gemisch empfohlen:

3 g (= 2.9 ccm) Eisessig
10 „ Sublimat
300 „ Wasser.

Von ROSEN (III, 232) wird dasselbe auch zur Fixierung von pflanzlichen Objekten empfohlen und ist, wie Verf. bestätigen kann, namentlich dann mit Vorteil zu verwenden, wenn mit Fuchsin + Jodgrün gefärbt werden soll.

13. Jod.

Eine Jodlösung in Meerwasser wurde von BERTHOLD (IV, 704 Anm.) zur Fixierung der Meeresalgen benutzt. Joddämpfe wurden von OVERTON (VI) speciell für kleine Objekte empfohlen. Dieselben können durch Erwärmen auf 30—40° C wieder vollständig verjagt werden.

14. Osmiumsäure.

Osmiumsäure wird teils in Dampfform, teils in 1—2-proz. Lösung zur Fixierung benutzt. Noch nicht vollständig zersetzte Lösungen können, wie KOLOSSOW (I) gezeigt hat, durch Zusatz geringer Mengen von Kalialaun wieder klar und gebrauchsfähig gemacht werden. Die durch Osmiumsäure bei vielen Objekten bewirkten Schwärzungen der Präparate können durch Wasserstoffsuperoxyd zum Verschwinden gebracht werden.

15. Pikrinsäure.

Pikrinsäure kann in wässeriger oder auch in alkoholischer Lösung verwandt werden. Zum Auswaschen derselben empfiehlt JELINEK (I) Zusatz von Lithiumcarbonat zu dem zu diesem Zwecke zu verwendenden Alkohol.

16. Pikrinsäure + Quecksilberchlorid.

Das von RABL (II) empfohlene Gemisch besteht aus:

1 Vol. konzentrierter wässeriger Sublimatlösung
1 „ konzentrierter wässeriger Pikrinsäurelösung
2 „ Wasser.

Dem zum Auswaschen zu benutzenden Alkohol wird etwas Jod zugesetzt.

17. Pikrinsäure + Schwefelsäure.

Namentlich für niedere Organismen empfiehlt P. Mayer (III, 2) die sogenannte Kleinenberg'sche Pikrinschwefelsäure. Dieselbe wird hergestellt, indem man zu 100 Vol. konz. wässeriger Pikrinsäurelösung 2 Vol. konz. Schwefelsäure zusetzt und die vom Niederschlage abfiltrierte Flüssigkeit mit dem Dreifachen an Wasser verdünnt. Bei manchen Objekten verwendet der genannte Autor auch das unverdünnte Säuregemisch.

18. Platinchlorid.

Eine $^1/_3$-proz. wässerige Lösung von Platinchlorid wurde von Rabl (I, 216) speciell zur Fixierung der Kernteilungsfiguren empfohlen.

19. Platinchlorid + Quecksilberchlorid.

Rabl (II) empfiehlt eine Mischung von:

1 Vol. 1-proz. Platinchlorid
1 „ konzentrierter wässeriger Sublimatlösung
2 „ Wasser.

20. Quecksilberchlorid.

Sublimat kommt sowohl in alkoholischer als auch in wässeriger Lösung zur Verwendung. Da ein geringer Zusatz von Kochsalz die Löslichkeit des Sublimats in Wasser erhöht, hat man neuerdings auch vielfach Lösungen von Sublimat in wässeriger Kochsalzlösung zur Fixierung benutzt. So empfiehlt Heidenhain (I, 113) eine gesättigte Lösung von Sublimat in 0.5-proz. Kochsalzlösung.

Der zum Auswaschen des Sublimats zu benutzende Alkohol wird zweckmäßig mit etwas Jod versetzt. Durch Jodalkohol lassen sich auch nachträglich aus den Schnitten Sublimatnadeln entfernen.

B. Tinktionsmethoden.

Obwohl die Zahl der von den verschiedenen Autoren benutzten und empfohlenen Tinktionsmethoden eine sehr große ist, sind speciell bei den Untersuchungen über den Zellkern doch nur relativ wenige zur allgemeineren Anwendung gelangt. Diese wenigen Methoden, auf deren Besprechung wir uns beschränken wollen, haben sich aber bei den verschiedenartigsten Untersuchungen derartig bewährt, daß man jedenfalls in den allermeisten Fällen mit denselben völlig auskommen kann.

Bevor ich nun aber zur Besprechung dieser Methoden übergehe, will ich noch besonders hervorheben, daß das Ergebnis einer Tinktion in hohem Grade von der Vorbehandlung der betreffenden Objekte, namentlich der Fixierungsart, abhängt. Ferner bestehen auch häufig zwischen nahe verwandten Pflanzen beträchtliche Verschiedenheiten hinsichtlich ihres tinktionellen Verhaltens. Man kann somit nur dann erwarten, die von einem Autor beschriebenen Färbungen zu erhalten, wenn man nicht nur das von diesem beschriebene Tinktionsverfahren genau einhält, sondern auch die benutzte Fixierungsart in der gleichen Weise und auch bei völlig gleichartigen Objekten anwendet.

1. Carmalaun.

Von den ungeheuer zahlreichen verschiedenen Carminlösungen scheint nach meinen Erfahrungen der von P. Mayer (II) vorgeschlagene

Carmalaun auch für Pflanzenzellen der allgemeinsten Anwendung fähig zu sein, während ich mit dem bei tierischen Organen so vielfach verwandten Pikrocarmin bei Pflanzen fast ausnahmslos sehr wenig befriedigende Resultate erhielt. Der MAYER'sche Carmalaun wird bereitet, indem man 1 g reine Carminsäure und 10 g Alaun in 200 ccm Wasser unter Erwärmen löst und, um Zersetzungen zu verhindern, etwas Thymol oder Salicylsäure zusetzt. Um ganz reine Kernfärbungen zu erhalten, wäscht man vorsichtig mit Alaun oder schwacher Säure aus, doch ist dies im allgemeinen nicht erforderlich.

2. Fuchsin.

Nach der von mir (V, 183) bereits früher empfohlenen Methode kommen die Schnitte zunächst für kurze Zeit in konz. wässerige Fuchsinlösung oder auch in ZIEL'sches Karbolfuchsin, nach kurzem Abspülen mit Wasser werden sie dann mit konz. Lösung von Pikrinsäure in 2 T. Wasser und 1 T. Alkohol übergossen, in der sie eine dunkelviolette Färbung annehmen, dann mit Alkohol gewaschen, in Xylol übertragen und schließlich in Kanadabalsam eingeschlossen. Diese Methode liefert z. B. bei Material, das mit der MERKEL'schen Chromplatinlösung fixiert ist, sehr differenzierte Färbungen und ist überdies dadurch ausgezeichnet, daß sie sehr schnell auszuführen ist.

3. Fuchsin + Jodgrün.

Nach der namentlich zum Nachweis der Nukleolen mit Vorteil zu verwendenden Methode verfährt man in der Weise, daß man die auf dem Objektträger aufgeklebten Mikrotomschnitte zunächst in ein frisch bereitetes Gemisch von:

1 Vol. konz. wässeriger Fuchsinlösung
9 „ 0.1-proz. wässeriger Jodgrünlösung

einträgt. In diesem Gemisch verbleiben die Schnitte im Durchschnitt ca. 8 Minuten. Sodann werden sie mit einem Gemisch von:

100 ccm absolutem Alkohol
1 „ Eisessig
0.1 g Jod

ausgewaschen, dann ohne vorheriges Auswaschen mit reinem Alkohol direkt mit Xylol aufgehellt und schließlich in Kanadabalsam eingeschlossen. Das Resultat ist bei dieser Methode bis zu einem gewissen Grade von dem Aufenthalte in der Tinktionsflüssigkeit abhängig, insofern bei kurzem Verweilen in dieser nur der grüne Farbstoff eingelagert wird, bei längerem Verweilen erscheint dagegen eine scharf differenzierte Doppelfärbung, bei sehr langer Tinktion geht schließlich die grüne Färbung allmählich immer mehr in Violett bis Rotviolett über. Uebrigens ist die eine gute Farbendifferenzierung gebende Zeitdauer meist eine ziemlich lange und in allen Fällen durch einige Versuche leicht festzustellen. Im allgemeinen erhält man mit einer Tinktionsdauer von ca. 8 Minuten sehr gute Resultate.

4. Gentianaviolett (nach Gram).

Nach der in erster Linie für Bakterien bestimmten Methode werden die Schnitte mit einem zuvor filtrierten Gemisch von:

0.3 g Anilin
1 „ Gentianaviolett
15 „ Alkohol
100 „ Wasser

gefärbt, dann mit Alkohol abgespült und in eine Lösung von:

1 T. Jod
2 „ Jodkalium
300 „ Wasser

übertragen. Die in dieser Lösung eine dunkle Farbe annehmenden Schnitte werden dann mit Alkohol und Nelkenöl ausgewaschen und schließlich in Kanadabalsam eingeschlossen. Besonders betonen will ich an dieser Stelle noch, daß das Nelkenöl hier nicht nur aufhellend wirkt, sondern in vielen Fällen erst die eigentliche Differenzierung bewirkt.

5. Gentianaviolett + Safranin.

Nach der von HERMANN (I, 60) empfohlenen Methode werden die Schnitte zuerst mit einer Lösung von:

1 g Safranin
10 ccm Alkohol
90 „ Anilinwasser

gefärbt und kommen dann nach successivem schwachen Auswaschen mit Wasser, Säurealkohol und Alkohol in eine Lösung von:

1 g Gentianaviolett
10 ccm Alkohol
90 „ Anilinwasser.

Darauf werden sie in Alkohol flüchtig abgespült und für 1—3 Stunden in eine Lösung von:

1 T. Jod
2 „ Jodkalium
300 „ Wasser

gebracht. Sodann folgt Differenzierung durch Alkohol, Aufhellung durch Xylol und Einschluß in Kanadabalsam.

6. Gentianaviolett + Orange + Safranin.

Nach der von FLEMMING (VII, 685 Anm.) empfohlenen Methode werden die Schnitte zunächst für 2–3 Tage in ein Gemisch von ungefähr gleichen Teilen alkoholischer Safraninlösung und Wasser und etwas Anilinwasser gebracht, zunächst mit Alkohol oder mit 0,1 Proz. Salzsäure haltigem Alkohol, dann kurz mit Wasser ausgewaschen und dann auf 1—3 Stunden in konz. wässerige Lösung von Gentianaviolett und aus dieser nach kurzem Waschen in Wasser in eine konz. wässerige Lösung von Orange übertragen. Nach wenigen Minuten, während noch blaue Farbwolken herausgehen, werden die Schnitte dann in absoluten neutralen Alkohol gebracht, nach wiederholter Erneuerung desselben in Nelken- oder Bergamottöl, die noch leichte Farbwolken herauslösen, übertragen und schließlich in Balsam eingeschlossen.

7. Hämalaun.

Von den verschiedenen Hämatoxylinlösungen scheint dem Verf. die von P. MAYER (I) empfohlene und als Hämalaun bezeichnete Lösung die zur Kernfärbung am meisten geeignete und der allgemeinsten Anwendung fähige zu sein. Dieselbe wird dargestellt, indem man 1 g reines Hämateïn oder Hämateïn-Ammoniak in 50 ccm 90-proz. Alkohol löst und dann eine Lösung von 50 g Alaun in 1 l Wasser zusetzt. Die so erhaltene Lösung kann sofort benutzt, aber auch beliebig mit Wasser verdünnt werden.

8. Hämatoxylin + Eisenalaun.

Nach der von M. HEIDENHAIN (I, 118) empfohlenen Methode werden die Schnitte zunächst für $^1/_2$—3 Stunden in eine 1.5—4-proz.

Lösung von schwefelsaurem Ammoniumeisenoxyd gebracht, dann kurz mit Wasser abgespült und darauf für 1/2—12 Stunden in eine 0.5-proz. wässerige Hämatoxylinlösung, die man sich durch Auflösen von Hämatoxylin in heißem Wasser herstellen kann, gestellt. Hierauf werden sie mit Wasser abgespült und dann abermals mit der obengenannten Eisenalaunlösung behandelt, bis der Farbstoff aus den Membranen und dem Cytoplasma hinreichend ausgewaschen ist, was man am besten direkt unter dem Mikroskop kontrolliert. Dann wird mit fließendem Wasser gründlich ausgewaschen und schließlich in Kanadabalsam eingeschlossen.

Diese Methode kann auch noch mit anderen Färbungen kombiniert werden. So wird namentlich eine Vorfärbung mit Bordeaux R vielfach angewandt. Man benutzt dasselbe in schwacher wässeriger Lösung.

2. Nomenklatur, Verbreitung, Zahl, Grösse und Gestalt des Zellkernes.

1) Nomenklatur. Als Entdecker des Zellkernes wird gewöhnlich R. Brown (I, 19) bezeichnet. Derselbe hat auch bereits im Jahre 1831 in zahlreichen Pflanzen den Zellkern beobachtet. Er beschreibt ihn als einen körnig strukturierten Inhaltskörper der Zelle und nennt ihn teils „areola“, teils „nucleus“. Die letztere Bezeichnung hat sich dann allmählich immer mehr eingebürgert. Außerdem wird allerdings namentlich in der älteren Litteratur auch häufig der von Schleiden (I, 139) eingeführte Ausdruck Cytoblast zur Bezeichnung des Zellkernes angewandt.

2) Verbreitung der Kerne. Nach den zur Zeit vorliegenden Untersuchungen kann darüber kein Zweifel bestehen, daß bei den höheren Pflanzen ausnahmslos in allen noch wachstums- und teilungsfähigen Zellen Zellkerne enthalten sind. Nur in den toten Zellhüllen, wie z. B. den Gefäßgliedern und manchen Bastzellen ist gleichzeitig mit dem Protoplasten auch der Zellkern verschwunden.

Auf der anderen Seite ist aber hervorzuheben, daß in allen den Zellen, die noch einen funktionsfähigen Zellkern besitzen, auch noch ein lebensfähiger Plasmakörper vorhanden ist und daß der Zellkern stets ein vom Protoplasten umschlossenes Organ desselben darstellt. Namentlich von Hanstein (I) wurde ferner darauf hingewiesen, daß der Zellkern sehr häufig an den Wanderungen des Protoplasmas teilnimmt und in relativ kurzer Zeit das gesamte Zelllumen durchwandern kann. Ob sich nun aber der Zellkern bei diesen Bewegungen aktiv verhält oder ob er nur passiv vom Plasma in der Zelle herumgeführt wird, läßt sich, solange wir über die Mechanik der gesamten Plasmabewegungen noch so gut wie ganz im Unklaren sind, nicht entscheiden, und ich verzichte deshalb auch darauf, auf die diesbezüglichen Erörterungen einiger Autoren näher einzugehen.

Als geeignete Objekte für derartige Beobachtungen werden von Hanstein u. a. die Haarzellen der *Cucurbitaceen* und *Compositen* empfohlen. Man kann an diesen in der That die Bewegungen der Kerne leicht konstatieren, wenn man eine bestimmte Zelle mit der Camera lucida abzeichnet und in entsprechenden Intervallen die Lage des Kernes in diese Zeichnung einträgt. In dieser Weise wurde die in der nebenstehenden Fig. 1 dargestellte Bahn des Kernes festgestellt. Uebrigens wurde in derselben der größeren Deulichkeit halber, abgesehen von dem Anfangsstadium bei *a*,

nur die Bahn des Mittelpunktes des Kernes gezeichnet. Die Zeitpunkte, in denen die verschiedenen Zwischenstadien (*b*—*h*) erreicht wurden, sind in der Figurenerklärung angegeben.

Eine gewisse Ausnahmestellung nehmen bei den höheren Gewächsen nur die Siebröhren ein, die anscheinend sehr reich sind an lebendem Protoplasma, jedenfalls große Mengen von proteïnartigen Stoffen enthalten und dennoch, wie im speciellen Teile noch näher auseinandergesetzt werden soll, mit ihrer vollständigen Ausbildung die Kerne stets zu verlieren scheinen.

Auch bei den niederen Gewächsen ist es mit alleiniger Ausnahme der *Schizophyten* und *Saccharomyceten* in allen den Fällen, in denen man dieselben mit Hilfe der neueren Methoden untersucht hat, gelungen, die Kerne in den lebenden Zellen nachzuweisen. Die specielleren Angaben hierüber sollen im zweiten Teile dieses Buches zusammengestellt werden. Ebenda werden wir auch die Frage ausführlich erörtern, ob die *Schizophyten* und *Saccharomyceten* echte Kerne besitzen oder nicht.

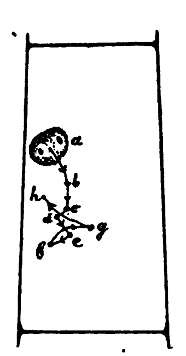


Fig. 1. Haarzelle von Bryonia dioica. Nur die Membran, der Kern und die vom Mittelpunkte des Kernes durchlaufene Bahn dargestellt. Anfangsstadium (*a*) 10^{38}, *b* 11^{12}, *c* 11^{28}, *d* 11^{32}, *e* 12^{8}, *f* 12^{27}, *g* 12^{52}, *h* 2^{30}. Vergr. 200.

3) Zahl der Kerne. Bei den höheren Pflanzen bis hinab zu den Moosen findet sich in den allermeisten Fällen nur ein einziger Kern in jeder Zelle. Eine konstante Ausnahme hiervon machen aber zunächst die gegliederten und ungegliederten Milchröhren, die ausnahmslos sehr zahlreiche Kerne enthalten.

Ferner findet man aber auch in anderen abnorm großen Zellen, wie z. B. Bastzellen, Embryoträgern u. dergl., sowie in älteren Parenchym- oder Epidermiszellen nicht selten zwei oder auch mehrere Kerne. Dieselben sind wahrscheinlich in allen diesen Fällen durch direkte Teilung des ursprünglich in Einzahl vorhandenen Kernes entstanden, und werden wir deshalb diese Objekte in dem der direkten Kernteilung gewidmeten Abschnitte eingehender zu besprechen haben.

Erwähnt sei schließlich noch, daß auch in den Fortpflanzungsorganen mehrkernige Zellen regelmäßig anzutreffen sind. Ausführlichere Angaben hierüber sollen im speciellen Teile zusammengestellt werden.

Bei den Algen finden sich neben solchen Familien, die, wie z. B. die *Diatomeen*, *Zygnemaceen* und *Oedogoniaceen* konstant, nur einen Kern in jeder vegetativen Zelle enthalten, auch solche, die mehrere, zum Teil sehr zahlreiche Kerne einschließen. Das letztere ist z. B. bei den *Siphoneen* der Fall, von denen die großen Arten viele Tausende von Kernen in den ungegliederten Protoplasten enthalten können.

Bei den Pilzen herrschen, wie im zweiten Teil dieses Buches noch ausführlicher auseinandergesetzt werden soll, Zellen mit mehreren Kernen entschieden vor. Bemerkenswert ist, daß manche Arten, so namentlich die *Aecidiomyceten*, konstant 2 Kerne in jeder vegetativen Zelle zu enthalten scheinen. Unter anormalen Bedingungen können übrigens auch Pilze, die sonst nur einen Kern in jeder Zelle enthalten, vielkernig werden. So beobachtete Raciborski (IV, 113),

daß *Basidiobolus ranarum* in Nährlösungen von hoher Konzentration und bei erhöhter Temperatur vielkernige Riesenzellen bildet.

Bezüglich der Nomenklatur will ich an dieser Stelle noch hervorheben, daß man in neuerer Zeit auf Vorschlag von SACHS (I) die reichgegliederten einzelligen Pflanzen, wie z. B. *Caulerpa* oder *Mucor*, vielfach als nicht celluläre Pflanzen bezeichnet und so zu den in zahlreiche Zellen gegliederten Organismen in einen gewissen Gegensatz bringt. Für die rein physiologische Betrachtungsweise hat diese Nomenklatur auch in der That manches für sich. Auf der anderen Seite ist aber eine strenge Unterscheidung zwischen cellulären und nicht cellulären Pflanzen nicht durchführbar, und es schien mir auch die einheitliche Darstellung offenbar zusammengehöriger Dinge durch die SACHS'sche Bezeichnungsweise so sehr erschwert zu werden, daß ich mich nicht zur Benutzung derselben entschließen konnte. Ebensowenig habe ich im folgenden die von SACHS (II) eingeführte Bezeichnung „Energide" angewandt. SACHS definiert die Energide als „einen einzelnen Zellkern mit dem von ihm beherrschten Protoplasma, so zwar, daß ein Kern und das ihn umgebende Protoplasma als ein Ganzes zu denken sind; und dieses Ganze ist eine organische Einheit, sowohl im morphologischen wie im physiologischen Sinne". Wie ich (VIII, 207) nun bereits früher nachgewiesen habe, kann von einer solchen Gliederung des Protoplasten in zahlreichen Fällen nicht die Rede sein. Ich erinnere in dieser Hinsicht nur nochmals an die älteren Zellen der *Characeen* und an die *Siphoneen*, bei denen die Kerne, wie von SCHMITZ (III, 189) nachgewiesen wurde, an der Plasmaströmung teilnehmen, während ein großer Teil des Cytoplasmas sich in Ruhe befindet.

4) Größe der Kerne. Die absolute Größe der Kerne ist, wie die der Zellen selbst, bei den verschiedenen Pflanzen und Tieren eine sehr verschiedene, und zwar sind im allgemeinen in großen Zellen auch große Kerne enthalten. Als Beispiel dafür, wie mit ungleichem Zellwachstum auch eine verschiedene Vergrößerung der Kerne Hand in Hand geht, erwähne ich die jungen Wurzelhaarzellen von *Trianea bogotensis*. Wie Fig. 2 *B*, in der ein solches Wurzelhaar, umgeben von 2 Epidermiszellen, dargestellt ist, erkennen läßt, findet in diesem Falle schon bei der ersten Anlage des Wurzelhaares, die übrigens auch mit einer Anhäufung von Cytoplasma verbunden ist, eine bedeutende Zunahme der Kerngröße statt.

Auf der anderen Seite fehlt es jedoch auch nicht an Pflanzen, die in relativ großen Zellen verhältnismäßig kleine Kerne enthalten. Es gilt dies in erster Linie von den bereits erwähnten vielkernigen Zellen vieler Algen und Pilze, wie z. B. *Phycomyces* (Fig. 2 *H*), auf die wir im speciellen Teile dieses Buches noch näher einzugehen haben werden. Ebenda werden wir auch zu zeigen haben, daß im allgemeinen die Sexualkerne durch relativ bedeutende Größe ausgezeichnet sind (Fig. 2 *A*).

Die größten pflanzlichen Kerne scheinen in den Zellen der *Characeen* und in den Embryosäcken mancher *Liliaceen* vorzukommen, bei *Fritillaria imperialis* beträgt z. B. der Durchmesser derselben bis zu 50 μ. Dieselben werden übrigens durch manche tierische Kerne, deren Durchmesser nach einer Tabelle von CARNOY (I, 270) bis zu 500 μ betragen kann, noch erheblich übertroffen.

Ob sich die Größe der Kerne bei der systematischen Einteilung der Gewächse als Merkmal verwenden lassen wird, ist

nach den vorliegenden Untersuchungen nicht mit Sicherheit zu beurteilen. Immerhin scheinen doch gewisse Familien, wie z. B. die *Liliaceen*, *Orchideen*, *Coniferen* u. a., durch relativ bedeutende Kerngröße ausgezeichnet zu sein, während z. B. die *Moose*, *Selaginellen* und die meisten *Dicotylen* relativ kleine Kerne besitzen.

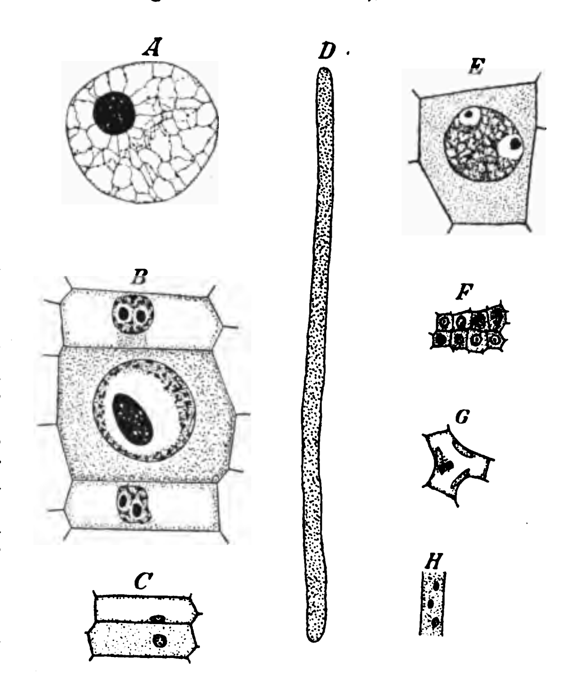


Fig. 2. *A* Kern aus dem Embryosack von Lilium Martagon, kurz vor dem Synapsisstadium. *B* Mutterzelle eines Wurzelhaares und zwei anstoßende Epidermiszellen von Trianea bogotensis. *C* zwei Pallisadenparenchymzellen von Citrus aurantium. *D* Kern aus einer Gefäßbündelparenchymzelle des Blattes vom Allium Porrum. *E* Zelle aus dem Scheitelmeristem von Psilotum triquetrum. *F* Sporenmutterzellen, *G* Schwammparenchymzelle von Selaginella Martensii. *H* Stück eines Mycelfadens von Phycomyces nitens. Vergr. bei allen Figuren die gleiche: 666.

In Fig. 2 habe ich nun zur Veranschaulichung der großen Verschiedenheiten in der Kerngröße der verschiedenen Gewächse einige Kerne bei der gleichen Vergrößerung zur Darstellung gebracht. Einige specielle Angaben über die Größe der Kerne bei den verschiedenen Gewächsen habe ich ferner auf Grund eigener Messungen in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Natürlich können aber diese Werte bei den großen individuellen Verschiedenheiten und den Variationen der Kerngröße je nach dem Altersstadium der betreffenden Zellen nur als annähernde Mittelwerte angesehen werden.

Tabelle über die Kerngröße in verschiedenen Pflanzenteilen.
Durchmesser in μ ausgedrückt.

Fritillaria imperialis	Wandbelag des Embryosackes	50 × 25
Lilium Martagon	„ „ „	40 × 25
„ „	Embryosack vor der Synapsis	30 × 20
Cuscuta spec.	Haustorien	30 × 12
Allium Porrum	Gefäßbündelparenchym	160 × 3
Trianea bogotensis	Wurzelhaarzelle	21
Hyacinthus orientalis	Wurzelspitze }	20
„ „	Blattepidermis }	20
Psilotum triquetrum	Stammspitze	18
Fritillaria imperialis	Blatt, Assimil. Gew.	16
Viscum album	Senker	16
Helleborus viridis	Pollenmutterzelle	15
Lomaria Petersoni	Eizelle	12
Stapelia spec.	Ausgewachsene Parenchymzelle	12 × 10
Abies excelsa	Markstrahlzelle	10
Trianea bogotensis	Wurzelepidermis	9
Cucurbita Pepo	Pollenmutterzelle	9

Helleborus viridis	Antherenwandung	9
Lomaria Petersoni	Mutterzelle der Spermatozoën	8
Begonia manicata	Embryosack	7
Taxus baccata	Blatt	7
Selaginella Martensii	Sporenmutterzelle unmittelbar vor der Teilung	6
Orobanche spec.	Samenknospe	6
Cucurbita Pepo	Stammspitze	5
Cladophora spec.		5
Stapelia spec.	Stammscheitel	5
Begonia manicata	Integument der Samenknospen	4–5
Citrus aurantium	Pallisadenzelle des Blattes	4–5
Funaria hygrometrica	Junge Kapsel, Wandung	3–4
Marchantia polymorpha	Junge Brutknospen	3
Selaginella Martensii	Blatt und Tapetenzelle	3
„ „	Sporogenes Gewebe	2
Phycomyces nitens	Mycel	1.5–2

Einige genauere Messungen über die Größe der Kerne in den verschiedenen Altersstadien einzelner Gewebesysteme sollen im speciellen Teile dieses Buches besprochen werden.

5) Gestalt der Kerne. In jugendlichen und plasmareichen Zellen besitzen die Zellkerne meist eine mehr oder weniger regelmäßig kugelige oder ellipsoidische Gestalt. In älteren Zellen, in denen der Plasmakörper meist nur einen dünnen Wandbelag bildet, findet dagegen gewöhnlich eine linsenförmige Abplattung der Kerne statt. Ferner zeigen dieselben in derartigen Zellen sehr häufig einen mehr oder weniger unregelmäßigen Umriß. Dies wird nach der übrigens nicht exakt bewiesenen Ansicht von SCHWARZ (I, 81) dadurch ermöglicht, daß die Kerne in den älteren Zellen einen weniger flüssigen Aggregatzustand besitzen sollen und infolgedessen dem durch die Oberflächenspannungen hervorgerufenen Abrundungsbestreben der betreffenden Zellen einen größeren Widerstand entgegenzusetzen vermögen. Von ROSEN (III) wird dagegen die Enstehung der unregelmäßig gestalteten Kerne mit der Ausbildung der Kernmembran in Beziehung gebracht. Uebrigens scheint mir auch für diese Annahme eine allgemeinere Begründung wünschenswert, um so mehr, als eine Angabe von SCHMITZ (III, 190) vorliegt, nach der gerade die in älteren Zellen enthaltenen Kerne eine große Plasticität besitzen müssen. Der genannte Autor beobachtete nämlich bei den *Characeen*, daß die an der Plasmaströmung teilnehmenden bandförmigen Kerne innerhalb des wandständigen Plasmaschlauches an den kurzen Endflächen der cylindrischen oder schmal-prismatischen Zellen einfach umbiegen und sich zuweilen fast rechtwinklig einknicken.

Hinsichtlich der unregelmäßigen Kernformen erwähne ich nun zunächst, daß namentlich in langgestreckten Zellen häufig auch die Kerne parallel der Längsrichtung der Zellen gestreckt sind. So stellt z. B. Fig. 3 zwei Kerne aus der Epidermis eines ausgewachsenen *Hyacinthen*-Blattes dar.

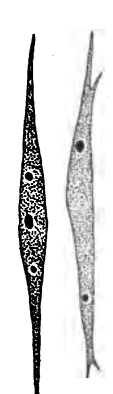


Fig. 3. Kerne aus der Blattepidermis von Hyacinthus orientalis. Vergr. 666.

Dieselben erscheinen hier häufig, wie der rechts stehende Kern, in mehrere Spitzen gegabelt. Noch erheblich längere, zartere Fortsätze, die fast das Aussehen von Cilien hatten, beobachtete HABERLANDT (I, 125) innerhalb der Blattstielhaare von *Pelargonium zonale.*

Man findet nun aber keineswegs ausnahmslos innerhalb langgestreckter Zellen auch langgestreckte Kerne. So stellt z. B. Fig. 4 Kerne aus den ebenfalls sehr langgestreckten Epidermiszellen von *Allium Porrum* dar. Diese besitzen im äußeren Umriß eine nahezu kreisförmige Gestalt; sie zeigen aber die andere Eigentümlichkeit, daß sie durch tiefe Einschnitte zerklüftet sind. Derartige mehr oder weniger stark gelappte Kerne wurden in älteren Zellen zahlreicher Gewächse beobachtet. Als zweites Beispiel für diese Erscheinung führe ich die in Fig. 5 abgebildeten Kerne aus dem Mesophyll eines alten Blattes von *Sempervivum tectorum* an. Durch sehr mannigfaltige Gestalt sind ferner die Kerne in den älteren Internodial- und Blattzellen der *Characeen*, von denen in Fig. 6 eine Anzahl dargestellt ist, ausgezeichnet. Wie wir später noch zu besprechen haben werden, wurden diese gelappten Kerne zum Teil als Teilungsstadien aufgefaßt.

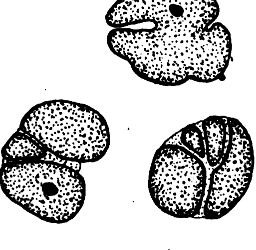


Fig. 4.



Fig. 5

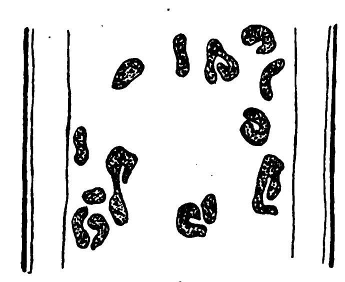


Fig. 6.

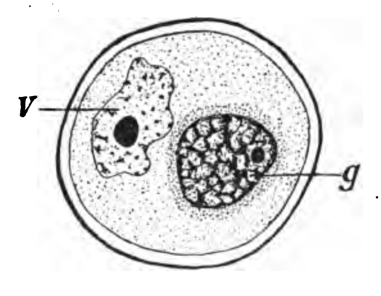


Fig. 7.

Fig. 4. Kerne aus der Blattepidermis von Allium Porrum. Fixierung: Alkohol. Färbung: Hämalaun. Vergr. 1000.

Fig. 5. Kerne aus dem Mesophyll eines alten Blattes von Sempervivum tectorum. Alkoholfixierung, Hämalauntinktion. Vergr. 500.

Fig. 6. Chara foetida. Teil einer älteren Blattzelle. Vergr. 91.

Fig. 7. Fritillaria imperialis, Pollenkorn. *v* vegetativer, *g* generativer Kern. Fixierung: Essigsäure + Quecksilberchlorid. Färbung: Fuchsin + Jodgrün. Vergr. 1000.

Amöbenartige Gestalt besitzen ferner sehr häufig die vegetativen Kerne der Pollenkörner, so z. B. die von *Fritillaria imperialis* (cf. Fig. 7 *v*). Ob nun aber die Gestalt dieser Kerne wirklich, wie bei den echten Amöben, innerhalb der lebenden Zellen einem stetigen Wechsel unterworfen ist, wurde bisher noch nicht untersucht. Sehr schnell verlaufende Formveränderungen beobachtete dagegen Zopf (III, 183) an den eigenartigen, stark lichtbrechenden Kernen der

Chytridiacee *Amoebochytrium rhizidioides.* Es wurden bei dieser die in nebenstehender Fig. 8 abgebildeten Gestalten bei ein und demselben Schwärmer innerhalb eines Zeitraums von 5 Minuten beobachtet.

In manchen Fällen kann auch durch anderweitige Einschlüsse die Gestalt des Zellkerns beeinflußt werden. So beobachtete SCHORLER (I, 14) sehr verschiedenartig gestaltete Kerne in den stärkehaltigen Holzparenchym- und Markstrahlzellen verschiedener Gewächse. Durch Stärkekörner völlig zerklüftete Kerne fand ferner KÖPPEN (I) im Endosperm mancher Samen. Bei *Zea Mays*, von der in Fig. 9 fünf

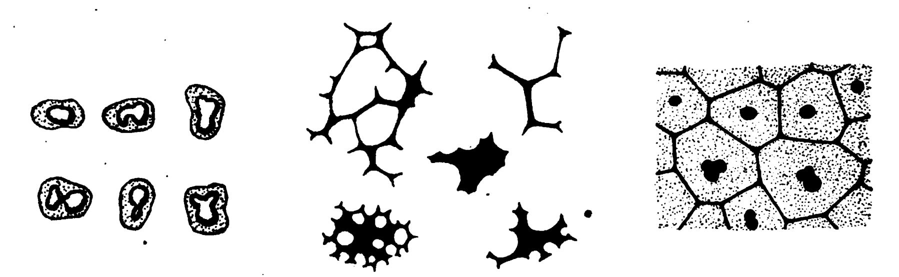


Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

Fig. 8. Schwärmer von Amoebochytrium rhizidioides mit stark lichtbrechendem Kern, der Formveränderungen zeigt. Vergr. 720. Nach ZOPF.

Fig. 9. Kern aus dem Endosperm von Zea Mays. Alkoholfixierung. Hämalaunfärbung. Vergr. 1000.

Fig. 10. Zea Mays, Kleberschicht in der Tangentialansicht. Alkoholfixierung, Hämalaunfärbung. Vergr. 270.

Kerne aus dem Endosperm des reifen Samens im optischen Durchschnitt dargestellt sind, zeigen namentlich die unmittelbar unter der Kleberschicht gelegenen Zellen und diejenigen aus dem mehligen Teile des Endosperms eine starke Zerklüftung. Die Kerne der stärkefreien „Kleberschicht“ sind dagegen, wie Fig. 10 zeigt, entweder kugelig oder bisquitförmig oder dreilappig.

3. Die chemische Zusammensetzung des Zellkernes.

In den tierischen sowohl wie in den pflanzlichen Zellkernen scheinen, soweit die zur Zeit vorliegenden Untersuchungen in dieser Hinsicht ein Urteil gestatten, in erster Linie 2 verschiedene Gruppen von Stoffen enthalten zu sein, nämlich Proteïnstoffe und Nucleïne.

Was nun zunächst die Proteïnstoffe anlangt, so fehlt es über diese nicht an mehr oder weniger ausführlichen Zusammenfassungen in der Litteratur, und ich glaube, auf diese um so mehr verweisen zu sollen, als gerade über die in den Kernen enthaltenen Proteïnstoffe keine speciellen Untersuchungen vorliegen. Dahingegen wurden nun aber die Nucleïne gerade in den letzten Jahren vielfach untersucht, und es kann zur Zeit nicht mehr in Abrede gestellt werden, daß dieselben im Chemismus des Zellkernes eine große Rolle spielen. Aus diesem Grunde soll denn auch zunächst die über diese Verbindungen vorliegende makrochemische Litteratur etwas ausführlicher besprochen werden. Im Anschluß an die echten Nucleïne sollen hierbei

gleichzeitig auch die Paranucleïne und das seiner Konstitution nach noch wenig erforschte Plastin mit berücksichtigt werden. Im zweiten Abschnitte dieses Teiles sollen sodann die über das tinktionelle Verhalten der verschiedenen makrochemisch dargestellten Stoffe vorliegenden Untersuchungen, im dritten die direkt am Zellkern angestellten mikrochemischen Beobachtungen besprochen werden.

A. Die makrochemischen Untersuchungen über die Nucleïne, Paranucleïne und Plastin.

Zu den Nucleïnen werden gewöhnlich alle diejenigen proteïnartigen Stoffe gestellt, die sich von den echten Proteïnstoffen dadurch unterscheiden, daß sie Phosphor enthalten. Sie sind ferner vielfach noch dadurch charakterisiert worden, daß sie von Pepsinsalzsäure überhaupt nicht oder nur sehr langsam angegriffen würden. Die Isolierung der Nucleïne wird denn auch gewöhnlich in der Weise ausgeführt, daß die nucleïnhaltigen Organe nach der Fettextraktion durch Alkohol und Aether bei 37—40° der Pepsinverdauung unterworfen, dann mit sehr verdünnter Natronlauge extrahiert werden und die Lösung in verdünnte Salzsäure filtriert wird. Etwa vorhandenes Nucleïn wird dann in der Salzsäure niedergeschlagen. Man erhält nun aber in dieser Weise offenbar sehr verschiedenartige Substanzen, und es kann auch kein Zweifel darüber bestehen, daß in der Litteratur Verbindungen von sehr verschiedener Konstitution als Nucleïne bezeichnet werden.

Man pflegt auch zur Zeit unter Nucleïn weniger eine bestimmte chemische Verbindung als eine Gruppe verwandter Stoffe zu verstehen. Unsere Kenntnisse von der Konstitution dieser Verbindungen sind nun aber noch viel zu lückenhaft, als daß es bereits möglich wäre, ein detailliertes System der Nucleïne aufzustellen. Immerhin erscheint doch schon jetzt die von KOSSEL ausführlich begründete Unterscheidung in echte Nucleïne oder Nucleïne schlechtweg, in Paranucleïne (Pseudonucleïne) und künstliche Nucleïne völlig berechtigt. Dieselbe soll denn auch der nun folgenden Besprechung der Nucleïne zu Grunde gelegt werden.

a) Nucleïne.

Für die Nucleïne im engeren Sinne wurde von ALTMANN (II) der Nachweis geliefert, daß sie durch verdünnte Alkalien in Eiweiß und eine als „Nucleïnsäure“ bezeichnete phosphorreiche Säure zerlegt werden können. Diese kann durch Ansäuern mit Essigsäure, durch die nur das Eiweiß gefällt wird, von diesem getrennt werden. Die dann im Filtrat enthaltene Nucleïnsäure kann durch Ansäuern mit Salzsäure unter Alkoholzusatz zur Fällung gebracht werden. Die so gewonnene Nucleïnsäure wird aus der Lösung in verdünnter Essigsäure durch Eiweiß gefällt, und es wird so eine Substanz regeneriert, welche alle Eigenschaften des Nucleïns besitzt.

Nach den Untersuchungen von KOSSEL sind ferner die aus den echten Nucleïnen abgespaltenen Nucleïnsäuren dadurch charakterisiert, daß sich aus ihnen durch längere Einwirkung von verdünnten Säuren oder Alkalien eine oder mehrere von den sogenannten Nucleïnbasen

darstellen lassen. Zu diesen gehören in erster Linie die 4 stickstoffreichen Verbindungen:

Xanthin $C_5H_4N_4O_2$
Guanin $C_5H_5N_5O$
Adenin $C_5H_5N_5$
Hypoxanthin (Sarkin) $C_5H_4N_4O$.

Außerdem wurde in neuerer Zeit von KOSSEL (XI) aus verschiedenen Nucleïnsäuren noch eine stickstoffreiche Verbindung isoliert, die als T h y m i n bezeichnet wird und nach den neueren Untersuchungen von KOSSEL & NEUMANN (I, II) die Zusammensetzung $C_5H_6N_2O_2$ besitzen soll. Die genannten Autoren stellten außerdem aus der aus der Thymusdrüse gewonnenen Nucleïnsäure eine weitere neue Base dar, die sie als C y t o s i n bezeichnen. Die Zusammensetzung derselben entspricht annähernd der Formel $C_{21}H_{30}N_{16}O_4 + 5$ aq.

Bezüglich der 4 erstgenannten Nucleïnbasen, deren chemische Eigenschaften namentlich von BRUHNS (I), BRUHNS & KOSSEL (I), KOSSEL (II, VIII, X und XII), KRÜGER (I—VI), SCHINDLER (I), THOISS (I) und WOLFF (I) untersucht wurden, erwähne ich zunächst, daß dieselben sämtlich der H a r n s t o f f g r u p p e angehören, und zwar speciell den A l l o x a n k e r n enthalten. Am genauesten wurde bisher die Struktur des Xanthins festgestellt, dessen Beziehung zu dem Alloxan aus den beiden folgenden Strukturformeln hervorgeht:

```
     NH—CO
CO<        >CO
     NH—CO
   Alloxan
```

```
     NH—CH=C—NH
CO<              >CO
     NH— C =N
      Xanthin
```

Das Guanin leitet sich aus dem Xanthin ab, indem ein Sauerstoffatom durch die Gruppe NH ersetzt wird. Für das Adenin wurde von KRÜGER (I, II) nachgewiesen, daß es ebenfalls den Alloxankern enthält. Dasselbe gilt schließlich auch für das mit dem Adenin nahe verwandte Hypoxanthin.

Bei der Zersetzung durch Salzsäure liefern die Nucleïnbasen unter Wasseraufnahme Glycocoll. Für das Hypoxanthin verläuft dieser Prozeß nach KRÜGER (I) nach der Formel:

$$\underset{\text{Hypoxanthin}}{C_5H_4N_4O} + 7H_2O = \underset{\text{Glycocoll}}{C_2H_5NO_2} + 3NH_3 + CO_2 + 2HCOOH$$

Die nahe Verwandtschaft zwischen Guanin und Xanthin einerseits und Adenin und Hypoxanthin andererseits ergiebt sich auch daraus, daß diese Verbindungen nach den Untersuchungen von SCHINDLER (I, 440) durch Fäulnis ineinander verwandelt werden, und zwar verlaufen diese Prozesse nach den Formeln:

$$\underset{\text{Guanin}}{C_5H_5N_5O} + H_2O = \underset{\text{Xanthin}}{C_5H_4N_4O_2} + NH_3$$

$$\underset{\text{Adenin}}{C_5H_5N_5} + H_2O = \underset{\text{Hypoxanthin}}{C_5H_4N_4O} + NH_3$$

Die durch die zweite Formel ausgedrückte Umsetzung läßt sich übrigens, wie KOSSEL (X, 258) und KRÜGER (III, 444) gezeigt haben, auch durch einfache chemische Reaktionen bewirken.

Ueber die V e r b r e i t u n g d e r N u c l e ï n b a s e n liegen namentlich Untersuchungen von BAGINSKY (I) und KOSSEL (I, 16, VI, VII, VIII, 431, IX und X) vor. Hinsichtlich der pflanzlichen Objekte sei in dieser Beziehung erwähnt, daß KOSSEL aus Preßhefe Guanin und Hypoxanthin isolieren konnte, die letztgenannte Base erhielt er ferner aus den Sporen von *Lycopodium*, dem Samen des schwarzen Senfes und aus Weizenkleie. Adenin wurde von KOSSEL zuerst im Theeextrakt nachgewiesen.

Von SCHULZE & BOSSHARD (I) wurden ferner Xanthin, Hypoxanthin und Guanin aus verschiedenen pflanzlichen Objekten (jungen Kartoffelknollen, Zuckerrüben, Ahornsprossen, Platanenrinde, Lupinenkeimlingen, jungen Haferpflanzen u. a.) isoliert. Ob aber die Nucleïnbasen in diesen Fällen stets erst bei der Präparation aus Nucleïn abgespalten werden, lassen die genannten Autoren unentschieden. In einer späteren Mitteilung (II) berichten sie ferner über einen neuen stickstoffhaltigen

Körper, den sie als Vernin bezeichnen. Derselbe liefert bei der Zerspaltung ca. 1/3 Guanin. Er konnte bereits in verschiedenen Pflanzen nachgewiesen werden.

J. Reinke (I, 47) erhielt geringe Mengen von Guanin, Xanthin und Hypoxanthin aus den Plasmodien von *Aethalium septicum*; es ist aber zweifelhaft, ob dieselben durch Zerspaltung von Nucleïn entstanden sind.

Für die Beziehungen zwischen den Nucleïnbasen und den Nucleïnsäuren ist von Wichtigkeit, daß diese nach den Untersuchungen von Kossel (XI, 196) die Basen stets in organischer Bindung enthalten.

Erwähnt sei ferner gleich noch an dieser Stelle, daß die aus den verschiedenen Organen isolierten Nucleïnsäuren keineswegs alle die sämtlichen 4 Nucleïnbasen enthalten. Daß in dieser Hinsicht große quantitative Verschiedenheiten vorhanden sind, wurde schon von Schindler (I, 439), allerdings unter Benutzung von nicht völlig zuverlässigen Methoden, nachgewiesen. Inoko (I) fand dann ferner durch Untersuchung des Spermas von Stier, Eber und Lachs, daß das Verhältnis zwischen den verschiedenen Xanthinbasen ein verschiedenes ist. Von Kossel (XI) wurde schließlich festgestellt, daß die aus der Thymusdrüse des Kalbes isolierte Nucleïnsäure bei der Zerspaltung nur Adenin liefert.

Für die Beziehungen zwischen den Nucleïnbasen und den Zellkernen sind die Untersuchungen von Tichomiroff (I) von Wichtigkeit. Dieser Autor konnte aus überwinternden Insekteneiern nur sehr geringe Mengen von Nucleïnbasen erhalten, dagegen aus den entwickelten Eiern, in denen eine starke Kernvermehrung stattgefunden hat, die 10-fache Menge. In ähnlicher Weise führt Kossel (I) die relativ bedeutende Menge der im leukämischen Blute nachgewiesenen Nucleïnbasen auf den Reichtum an Kernsubstanz innerhalb derselben zurück.

Von den Untersuchungen über die Verbreitung der echten Nucleïne sind in erster Linie die Untersuchungen von Kossel (I) zu erwähnen, der durch quantitative Bestimmung des Nucleïngehaltes verschiedener Organe nachweisen konnte, daß dieser in kernreichen Organen, speciell in embryonalen Geweben am größten ist. Ebenso fand Landwehr (I, 118) in verschiedenen Organen um so mehr Nucleïn, je bedeutender die Größe der Kerne im Verhältnis zum Zellkörper war.

Außerdem liegt in der Litteratur eine große Anzahl von Angaben über das Vorkommen von Nucleïnen in verschiedenen tierischen und pflanzlichen Organen vor. Die Aufzählung derselben soll mit der Besprechung der am genauesten untersuchten Körper beginnen. Auf diese lasse ich dann eine kurze Zusammenstellung der übrigen in der Litteratur vorliegenden Angaben, von denen es zum Teil noch sehr zweifelhaft ist, ob sie sich wirklich auf Nucleïne beziehen, folgen.

1) Nucleïnsäure aus Lachssperma. Von Miescher (I) wurde aus Lachssperma eine als Nucleïn bezeichnete Substanz isoliert, die nach den neueren Untersuchungen höchst wahrscheinlich reine Nucleïnsäure darstellt. Dieselbe ist im Lachssperma zum größten Teil an eine von Miescher als Protamin bezeichnete basische Substanz gebunden, und zwar enthält das Lachssperma, auf Trockensubstanz berechnet, 48.68 Proz. Nucleïnsäure und 26.76 Proz. Protamin.

Von den Reaktionen der Lachssperma-Nucleïnsäure sei erwähnt, daß dieselbe in Wasser löslich ist, sofort nach der Fällung ist sie ferner leicht löslich in Soda, Ammoniak und Dinatriumphosphat; nach längerem Stehen büßt sie aber diese Löslichkeit ein. Kupfersulfat giebt mit Nucleïnsäure einen in Wasser unlöslichen, aber in Ammoniak

löslichen Niederschlag. Durch Protaminsalze wird die Nucleïnsäure gefällt.

Miescher (I) fand in der Lachssperma-Nucleïnsäure 9.59 Proz. Phosphor und stellt für dieselbe die Formel $C_{29}H_{49}N_9P_3O_{22}$ auf. Ebenso fand Altmann (II, 531) in der nach seiner Methode aus Lachssperma dargestellten Nucleïnsäure 9.6 Proz. Phosphor. Schwefel konnte Altmann in seinem Präparate nur qualitativ nachweisen.

Das Protamin ist in 1—2-proz. Salzsäure löslich, wird aus diesen Lösungen durch Platinchlorid gefällt. Die Zusammensetzung desselben drückte Miescher durch die Formel $C_9H_{20}N_5O_2OH$ aus, während später Piccard (I) für dasselbe die Formel $C_8H_{16}N_{4\frac{1}{2}}O_2$ aufstellte. Der letztgenannte Autor konnte übrigens aus dem Lachssperma auch Guanin und Hypoxanthin (zusammen ca. 5 Proz.) isolieren.

2) Stiersperma. Das von Miescher (I, 184) aus Stiersperma dargestellte Nucleïn enthielt 7.189 Proz. Phosphor und eine auffallend große Menge von Stickstoff (16.40 Proz.). Es ist in Wasser unlöslich. Protamin oder eine andere in Salzsäure lösliche Base konnte Miescher aus dem Stiersperma nicht isolieren. Nach Kossel & Neumann (I) enthält die aus Stiersperma dargestellte Nucleïnsäure 6 Proz. Xanthin, 2 Proz. Hypoxanthin und 0.7 Proz. Adenin.

3) Eiterkörper. Das zuerst von Miescher (II und I, 199) aus Eiterkörpern isolierte Nucleïn ist durch hohen Schwefelgehalt ausgezeichnet und wird deshalb auch wohl als Sulfonucleïn bezeichnet. Miescher (II) erhielt bei einer Analyse desselben 2.6 Proz. Phosphor und 1.9 Proz. Schwefel, Hoppe-Seyler (II) bei einem nach anderer Methode dargestellten Präparate: 2.28 Proz. P, Kossel (VI) schließlich: 3.20 Proz. P und 1.6 Proz. S. In verdünnter Sodalösung fand Miescher (II) den größten Teil des Eiternucleïns nur im frisch gefällten Zustande löslich. Von Trypsin wird es nach Bokay (I) selbst bei Zusatz von kohlensaurem Kalk oder 1-proz. Sodalösung nicht merklich angegriffen. Zu ähnlichen Resultaten führten auch Fütterungsversuche mit Hunden. Unter den Zersetzungsprodukten des Eiternucleïns befindet sich nach Kossel (VI) Hypoxanthin.

4) Kalbsthymus. Aus Kalbsthymus isolierte Altmann (II, 528) eine Nucleïnsäure, die 9.2 Proz. Phosphor enthielt. Schwefel war in derselben nur qualitativ nachweisbar. Bei der Zerlegung derselben erhielt Kossel (XI) von Nucleïnbasen nur Adenin; er bezeichnet deshalb auch die aus Kalbsthymus dargestellte Nucleïnsäure als Adenylsäure. Durch Zerspaltung dieser Säure erhielten Kossel & Neumann (I und II) außer Adenin eine als Thyminsäure bezeichnete Substanz. Die letztere lieferte beim Kochen mit Schwefelsäure Thymin und die bereits S. 16 erwähnte neue Base, die als Cytosin bezeichnet wird. Ferner wurden Lävulinsäure, Ameisensäure, Phosphorsäure und Ammoniak als Zersetzungsprodukte der Adenylsäure nachgewiesen.

Bezüglich der Reaktionen des in der Thymusdrüse enthaltenen Nucleïns ist bemerkenswert, daß dasselbe nach den Untersuchungen von Popoff (I) in Pepsinsalzsäure nur sehr wenig, in Pankreasextrakt aber ziemlich leicht löslich ist.

Schließlich sei noch erwähnt, daß Lilienfeld (III, 105 und IV) aus Kalbsthymus eine als Nucleohiston bezeichnete Nucleïneiweißverbindung isoliert hat, die zunächst in eine als Histon bezeichnete Base und Nucleïn zerfällt. Letzteres enthielt 4.9 Proz. Phosphor und ließ sich weiter in Eiweiß und die oben erwähnte Adenylsäure mit 9.94 Proz. Phosphor zerlegen.

5) Hefe. Nachdem schon HOPPE-SEYLER auf das Vorkommen von Nucleïn in der Bierhefe hingewiesen, stellte KOSSEL (IV) aus Preßhefe ein Nucleïnpräparat dar, das 3—4 Proz. Posphor und 0.41 Proz. Schwefel enthielt. ALTMANN (II, 525) isolierte dann aus diesem Nucleïn eine Nucleïnsäure, die 9.44 Proz. Phosphor und Schwefel nur in Spuren enthielt. Später hat KOSSEL (II, 184) die nach der ALTMANN'schen Methode dargestellte Nucleïnsäure analysiert und giebt für dieselbe die Zusammensetzung $C_{17}H_{26}N_6P_2O_{14}$ oder $C_{25}H_{36}N_9P_3O_{20}$ an. Die betreffende Substanz stimmt mithin sehr annähernd in ihrer Zusammensetzung mit der von MIESCHER aus Lachssperma dargestellten Nucleïnsäure überein.

Die Spaltungsprodukte des Hefenucleïns wurden zunächst von LEHMANN (I) und KOSSEL (II) untersucht. Danach lassen sich aus demselben Guanin und Adenin abspalten. Sodann konnte KOSSEL (XIII) aus der Hefenucleïnsäure zwei Kohlehydrate, eine reduzierende Hexose und eine Pentose, isolieren und außerdem eine als Plasminsäure bezeichnete Säure, für die er die Formel $C_{15}H_{28}N_6P_6O_{30}$ aufstellt. Diese liefert bei weiterer Zerlegung Nucleïnbasen und Phosphorsäure, aber keine Kohlehydrate mehr. Neuerdings konnten KOSSEL & NEUMANN (II) aus der Hefenucleïnsäure auch Thymin isolieren.

Bezüglich der aus der Hefenucleïnsäure entstehenden Phosphorsäure sei erwähnt, daß LIEBERMANN (III) aus dem Hefenucleïn ein 20.7 bis 23.2 Proz. Phosphor enthaltendes Baryumsalz darstellte, das er für Baryummonometaphosphat hielt. Wie aber von KOSSEL (XIII, 162) gezeigt wurde, muß die betreffende Verbindung, nach ihren Löslichkeitsverhältnissen zu schließen, eine andere, zur Zeit aber noch nicht mit Sicherheit zu ermittelnde Konstitution besitzen.

6) Eidotter. MIESCHER (III) isolierte aus dem Dotter des Hühnereies ein Nucleïn, das in 1-proz. Sodalösung leicht löslich war und im Mittel 7.9 Proz. Phosphor und 1.0 Proz. Schwefel enthielt. Er nimmt an, daß dasselbe nucleären Ursprungs sei. BUNGE (I) stellte später aus dem Eidotter des Hühnereies eine eisenhaltige Substanz dar, die er als Hämatogen bezeichnet und wegen ihrer chemischen Zusammensetzung, in der sie mit dem Hefenucleïn eine gewisse Verwandtschaft zeigt, zu den Nucleïnen stellt. BUNGE fand in dem Hämatogen 5.19 Proz. Phosphor, 0.55 Proz. Schwefel und 0.29 Proz. Eisen. Ueber die Spaltungsprodukte desselben liegen bisher noch keine Angaben vor, so daß es auch nicht ausgeschlossen ist, daß das Hämatogen richtiger zu den Paranucleïnen zu stellen wäre.

7) Pankreasdrüse. HAMMARSTEN (I) isolierte aus der Pankreasdrüse ein Nucleïn, das bei der Zersetzung Guanin und geringe Mengen von den anderen Nucleïnbasen, außerdem ein Kohlehydrat, wahrscheinlich Pentaglycose liefert. Das betreffende Nucleïn enthielt bis zu 5.21 Proz. Phosphor und war außerdem stark eisenhaltig.

8) Milz. GOURLAY (I) isolierte aus der Milz ein durch Unverdaubarkeit in Pepsinsalzsäure und Phosphorgehalt charakterisiertes Nucleïn. KOSSEL & NEUMANN (II) konnten aus der aus der Milz dargestellten Nucleïnsäure die Base Thymin abspalten.

9) Leber. Aus der Leber von Hunden und Kaninchen isolierte PLÓSZ (I, 374) eine Nucleïn-Eiweißverbindung, aus der durch Pepsinsalzsäure das Nucleïn abgespalten wurde. Dieses war unlöslich in Wasser, Säuren und neutralen Salzen, dagegen leicht löslich selbst in verdünnten kohlensauren und ätzenden Alkalien. Das betreffende Nucleïnpräparat war ferner schwefel- und phosphorhaltig. Nach ZALESKI (I)

findet sich in der Leber ein eisenhaltiges Nucleïn, das namentlich durch seine Unverdaubarkeit charakterisiert wird.

10) Muskel. Eine ähnliche Substanz wie aus der Leber konnte PLÓSZ (I, 376) auch aus dem Muskel des Kaninchens extrahieren. Außerdem fand er dort aber auch freies, d. h. nicht an Eiweiß gebundenes Nucleïn.

11) Schilddrüse. Aus der Schilddrüse isolierte GOURLAY (I) ein Nucleoalbumin, das namentlich durch Unverdaulichkeit und Phosphorgehalt charakterisiert ist. Ob dasselbe Nucleïnbasen enthält, wird nicht angegeben. Nach der, wie wir noch sehen werden, nicht zuverlässigen mikrochemischen Phosphorreaktion von LILIENFELD und MONTI soll dies Nucleoalbumin zum Teil in der Colloïdsubstanz enthalten sein.

12) Blutkörper. Aus den Blutkörpern von Vögeln und Schlangen isolierte PLÓSZ (II) ein 2.4 Proz. Phosphor enthaltendes Nucleïn, das in verdünnter Sodalösung langsam, in Kali leicht löslich ist. In den Blutkörperchen des Rindes konnte er dagegen die gleiche Substanz nicht nachweisen.

13) Gehirn. Aus dem Gehirn wurden von GEOGHEGAN (I, 338), V. JAKSCH (I) und BAUMSTARK (I) nucleïnartige Körper dargestellt. Die von V. JAKSCH aus Menschengehirn isolierte Substanz enthielt aber nur 1.71—2.08 Proz. Phosphor (13.13 Proz. N, 50.05 Proz. C und 7.6 Proz. H). Das von BAUMSTARK aus Pferdegehirn isolierte Nucleïn enthielt 2.5 Proz. Phosphor. Die Menge desselben war in der grauen und weißen Substanz des Hirnes annähernd gleich.

14) Hoden. Von SERTOLI wurde nach HOPPE-SEYLER (I, 773) im Hoden von Stier, Widder, Ziegenbock, Hund und Esel Nucleïn nachgewiesen.

15) Bürzeldrüse. Nach DE JONGE (I, 239) findet sich Nucleïn im Sekret der Bürzeldrüse von Gänsen und Enten.

16) Bakterien. VANDEVELDE (I) giebt an, daß er aus *Bacillus suptilis* ein Nucleïn dargestellt habe. Nähere Angaben über die Reaktionen und Zusammensetzung desselben fehlen.

17) Schimmelpilze. Von STUTZER (I) wurde in Schimmelpilzen Nucleïn nachgewiesen. Dasselbe soll hier ca. 40 Proz. des Gesamtstickstoffes enthalten.

18) Gerste. Daraus, daß sich aus Gerstenkörnern nur ein sehr kleiner Teil des in ihnen enthaltenen Eisens durch Salzsäurealkohol ausziehen läßt, schloß PETIT (I) auf die Gegenwart eines eisenhaltigen Nucleïns. Dasselbe soll zum allergrößten Teil im Embryo und im Integument enthalten sein. Später isolierte PETIT (II) aus Malzkeimen ein 0.195 Proz. Eisen enthaltendes Nucleïn, das schwefelfrei war, aber nur 1.11 Proz. Phosphor enthielt (12.86 Proz. Stickstoff).

19) Futtermittel. AMTHOR (I) isolierte nach der Methode von KOSSEL aus Weizenkernen eine als Nucleïn bezeichnete Verbindung, die aber nur 0.89 Proz. Phosphor und 0.35 Proz. Schwefel enthielt.

KLINKENBERG (I und II) bestimmte in verschiedenen pflanzlichen Futtermitteln (Malzkuchen, Sesamkuchen, Sojabohnen u. a.) die Menge des in den unverdaubaren Stickstoffverbindungen enthaltenen Stickstoffs, Schwefels und Phosphors. Eine Vergleichung der aus verschiedenen Objekten gewonnenen Zahlen ergab nun, daß das Verhältnis zwischen diesen 3 Elementen kein konstantes ist. Bei den meisten war das Verhältnis P : N : S circa 2 : 19 : 5; das Verhältnis P : S war 1 : 1.65 bis 1 : 3.02. Die betreffenden Stoffe zeigen somit von den echten Nucleïnen so erhebliche Abweichungen, daß eine nahe Verwandtschaft zwischen denselben sehr unwahrscheinlich erscheinen muß.

b) Paranucleïne.

Die Paranucleïne, für die von HAMMARSTEN (I, 34) die vielleicht zweckmäßigere Bezeichnung Pseudonucleïne vorgeschlagen wurde, werden von KOSSEL (II) dadurch charakterisiert, daß sie bei der Spaltung durch verdünnte Säuren keine Nucleïnbasen, sondern nur Phosphorsäure und Eiweiß liefern. Derartige Verbindungen werden u. a. aus dem Vitellin des Hühnereies und aus dem Caseïn der Kuhmilch unter Bildung von Albumose und Pepton abgespalten. Von ALTMANN (II, 530) wurde ferner aus dem Eidotter eine „Nucleïnsäure“ dargestellt, die 7.9 Proz. Phosphor und 0.31 Proz. Schwefel enthielt. Die-

selbe wäre, da sie, wie von KOSSEL (X) nachgewiesen wurde, bei der Zersetzung keine Nucleïnbasen liefert, zweckmäßig als Paranucleïnsäure zu bezeichnen.

Aus dem Caseïn der Kuhmilch stellte LUBAWIN (I—III) ein Nucleïn dar, dessen Phosphorgehalt sehr schwankend war (Maximum 4.37 Proz.). Dasselbe besteht wahrscheinlich aus verschiedenen Substanzen, jedenfalls stellt es nicht einfach eine Verbindung von Phosphorsäure und Caseïn dar. MALFATTI (II, 77) stellte nach der ALTMANN-schen Methode aus Caseïn eine Paranucleïnsäure dar.

Das von KOSSEL (II) aus Karpfeneiern dargestellte Paranucleïn erwies sich als phosphorreicher als das Vitellin, scheint also aus diesem durch Abspaltung von Eiweiß hervorzugehen.

Im Chemismus des Zellkernes scheinen die Paranucleïne keine Rolle zu spielen.

c) Künstliche Nucleïne und Paranucleïne.

Von LIEBERMANN (I) und POHL (I) wurden durch Zusammenbringen von Albumosen und Metaphosphorsäure Verbindungen dargestellt, die in ihren chemischen Eigenschaften eine gewisse Uebereinstimmung mit den echten Nucleïnen zeigen und auch mehrfach als künstliche Nucleïne oder auch als künstliche Paranucleïne bezeichnet wurden.

Mit Hilfe der ALTMANN'schen Methode gelang es ferner MALFATTI (II), aus künstlichem Paranucleïn eine Verbindung abzuspalten, die im allgemeinen die Reaktionen der Nucleïnsäure gab und 11.3—11.6 Proz. Phosphor, aber auch noch Schwefel enthielt. Natürlich lieferte diese Verbindung bei der Zersetzung keine Nucleïnbasen, sie wäre somit als künstliche Paranucleïnsäure zu bezeichnen.

Die Darstellung eines künstlichen Nucleïns, das also auch Nucleïnbasen enthält, wurde von LIEBERMANN (II) beschrieben. Er erhielt dasselbe durch Zusammenbringen von Albumin, Metaphosphorsäure und Guanin oder Xanthin, während ähnliche Versuche von POHL (I) ein negatives Ergebnis gehabt hatten.

MALFATTI (II, 78) gelang es sodann, durch Zusammenbringen von LIEBERMANN'schem, künstlichem Nucleïn und Guanin eine Verbindung zu erhalten, aus der sich nach der ALTMANN'schen Methode eine guaninhaltige Nucleïnsäure abspalten ließ. Ein ähnlicher mit Hypoxanthin angestellter Versuch mißlang dagegen. Außerdem war es MALFATTI (III) bei einer späteren Wiederholung der mit Guanin angestellten Versuche nicht möglich, wiederum den gleichen Körper zu erhalten, ohne daß es ihm bisher gelungen wäre, die Ursache dieses Mißlingens zu ermitteln.

Auf alle Fälle geht aber namentlich aus den bereits erwähnten Untersuchungen über die verschiedenen Spaltungsprodukte der aus Hefe und Kalbsthymus dargestellten Nucleïne und Nucleïnsäuren zur Genüge hervor, daß diese eine viel kompliziertere Konstitution als die durch derartige künstliche Zusammenfügungen erzeugten Stoffe besitzen. Von KOSSEL (XIII, 163) wurde ferner noch besonders betont, daß die künstliche Nucleïnsäure reichliche Biuretreaktion und Rotfärbung mit MILLON's Reagens zeigt, während bei den echten Nucleïnen, wenn sie in genügender Reinheit dargestellt sind, beide Reaktionen ausbleiben.

Schließlich sei noch erwähnt, daß POHL (I) bei dem aus Serumalbumin dargestellten künstlichen Paranucleïn zwar einen annähernd konstanten Phosphorgehalt beobachtete, daß aber MALFATTI (II) in dieser Hinsicht je nach der Darstellungsart große Verschiedenheiten nachweisen konnte.

d) Plastin.

Als Plastin wurde von Reinke (I, 54) eine aus den Plasmodien von *Aethalium septicum* dargestellte Substanz bezeichnet, die, auf lufttrockene Substanz berechnet, ca. 30 Proz. der Gesamtmenge der betreffendenden Plasmodien ausmachen soll. Nach einer späteren Analyse von Reinke (II, 1) sind im Plastin nur 12 Proz. Stickstoff enthalten. Dasselbe ist ferner dadurch charakterisiert, daß es in verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich ist und wie das Nucleïn von Pepsinsalzsäure nicht angegriffen wird. Zur Unterscheidung von Plastin und Nucleïn dient ferner Salzsäure, welche auf 4 Vol. reiner konz. Säure 3 Vol. Wasser enthält. Von diesem Reagens wird Nucleïn gelöst, während Plastin ungelöst bleibt.

Ueber die chemische Konstitution des Plastins lassen sich zur Zeit noch keine zuverlässigen Angaben machen. Erwähnt sei in dieser Hinsicht nur noch, daß dasselbe vielleicht mit manchen der als Nucleïne bezeichneten Verbindungen eine nahe Verwandtschaft besitzt. Einige Reaktionen, die auf eine derartige Verwandtschaft hinweisen, werden von Malfatti (I, 4) angeführt.

B. Das tinktionelle Verhalten der Nucleïn- und Proteïnstoffe.

Da bei den mikrochemischen Untersuchungen des Zellkernes das tinktionelle Verhalten der verschiedenen Kernbestandteile eine gewisse Rolle spielt, so sollen zunächst noch die mit den verschiedenen makrochemisch dargestellten Verbindungen in dieser Hinsicht angestellten Versuche zusammengestellt werden. Bei denselben kamen vorwiegend Gemische von einem roten und einem blauen oder grünen Farbstoffe zur Anwendung, und zwar wurden namentlich Fuchsin S oder auch Fuchsin und Methylenblau, Methylgrün oder Jodgrün benutzt. Nimmt nun ein Farbstoff aus einem derartigen Gemisch vorwiegend oder ausschließlich den roten Farbstoff auf, so pflegt man ihn als erythrophil, speichert er dagegen den blauen oder grünen Farbstoff, als cyanophil zu bezeichnen. Da aber verschiedene Farbstoffe und auch die gleichen Farbstoffe bei verschiedener Vorbehandlung zu verschiedenen Resultaten führen können, so ist es notwendig, stets die benutzten Farbstoffe und die angewandte Methode genau anzugeben. So erwähne ich z. B., daß man mit einem Gemisch von Lichtgrün und Safranin im allgemeinen gerade umgekehrte Resultate erhält, wie mit den oben erwähnten Farbstoffen.

Man hat nun ferner auch Beziehungen zwischen der chemischen Konstitution der verschiedenen Farbstoffe und der tinktionellen Wirkung derselben festzustellen gesucht und zwischen Körpern, die durch basische, und solchen, die durch saure Farbstoffe tingiert werden, unterschieden und dieselben auch wohl als baseophile und acidophile bezeichnet. Gegen die allgemeine Benutzung dieser gewiß manche Vorteile bietenden Nomenklatur scheint mir nun aber zu sprechen, daß wir einerseits die Konstitution der verschiedenen Farbstoffe noch zu wenig kennen, und daß andererseits Gemische von ausschließlich basischen oder sauren Farbstoffen vielfach gerade die besten Farbendifferenzierungen geben. Nach den vorliegenden Untersuchungen, die aller-

dings noch sehr lückenhaft sind, dürften auch bei den Färbungen weniger chemische als physikalische Prozesse in Frage kommen.

Die mit den verschiedenen makrochemisch dargestellten Stoffen angestellten Versuche stimmen nun dahin überein, daß sich dieselben um so mehr baseophil verhalten, je reicher sie an Phosphorsäure sind, echte Nucleïnsäuren verhalten sich also z. B. in den Methylenblau oder Methylgrün enthaltenden Gemischen cyanophil, in einem Gemisch von Safranin und Lichtgrün aber erythrophil.

So wurde zunächst von MALFATTI (I, 16) nachgewiesen, daß sich mit einem Gemisch von Säurefuchsin und Methylgrün aus Hefe dargestellte Nucleïnsäure rein grün färbt; P-ärmere Nucleïne färben sich dagegen bläulich-violett, bei großer P-Armut selbst rein rot.

ZACHARIAS (VI, 188) zeigte ferner, daß aus einem Gemisch von Methylenblau und Säurefuchsin Hefenucleïn und die Kopfhülle der Rheinlachsspermatozoën den blauen Farbstoff an sich reißt, während Hühnereiweiß, Fibrin und das Eiweiß der Siebröhren den roten Farbstoff speichert.

LILIENFELD (I) wies nach, daß aus Leukocyten, Eiter, Lachssperma und Hefe dargestellte reine Nucleïnsäure aus verschiedenen Farbstoffgemischen stets den grünen oder blauen Farbstoff an sich reißt, während reines Eiweiß sich rot tingiert. Nur mit dem Lichtgrün-Safraningemisch trat umgekehrte Färbung ein. Eiweißhaltige Verbindungen der Nucleïnsäure färben sich ferner in rotgrünen Gemischen um so mehr blau, je eiweißreicher sie sind. So zeigte das Nucleohiston einen entschieden mehr blauen Farbenton als das aus diesem dargestellte Nucleïn, während die aus diesem isolierte Nucleïnsäure eine rein grüne Färbung gab.

Von A. SCHMIDT (I) wurde nachgewiesen, daß das Mucin gegen rotgrüne Gemische sich wie Nucleïnsäure verhält. LILIENFELD (II) konnte dies im allgemeinen bestätigen. Einen Unterschied zwischen dem Mucin und dem Nucleïn fand er aber darin, daß jenes sich in einer Mischung von Lichtgrün S und Safranin im Gegensatz zum Nucleïn ebenfalls grün färbt.

Andere Tinktionsmethoden sind, soviel mir bekannt geworden, bisher nur von MALFATTI (I) auf makrochemisch dargestellte Verbindungen angewandt. Dieser Autor giebt zunächst an, daß die aus Hefe dargestellte Nucleïnsäure sich bei der Vorbehandlung mit Platinchlorid gegen die von LÖWIT (II) vorgeschlagene Safranin-Jod-Pikrinsäure-Tinktion wie Chromatin verhalte, phosphorärmere Nucleïne dagegen wie die Nucleolen.

Ferner giebt MALFATTI an, daß die Nucleïnsäure durch die Einwirkung von Kupfersulfat ihre Färbbarkeit verliert, während die phosphorärmeren Nucleïne in dieser Beziehung nicht verändert werden.

C. Die mikrochemische Untersuchung des Zellkernes.

Von den mikrochemischen Untersuchungen des Zellkernes sollen zunächst diejenigen besprochen werden, welche den Nachweis bestimmter Elemente innerhalb des Kernes zum Gegenstand haben. Dann sollen diejenigen Arbeiten zusammengestellt werden, welche, anknüpfend an die im Vorstehenden besprochenen makrochemischen Untersuchungen, die Verbreitung der durch diese ermittelten Stoffe festzustellen suchen. Schließlich erwähne ich noch diejenigen Reaktionen

und Färbungsmethoden, welche dazu benutzt wurden, die morphologisch unterscheidbaren Differenzierungen des Kernes gegeneinander abzugrenzen. Derartige Reaktionen sollen im Gegensatz zu den streng mikrochemischen als morphologische bezeichnet werden.

a) Der mikrochemische Nachweis bestimmter Elemente.

1) Phosphor. Da der Phosphorgehalt, wie wir oben sahen, ein wesentliches Characteristicum der Nucleïne bildet, so lag es nahe, die Verbreitung dieses Elementes innerhalb der Kerne zu untersuchen.

Lilienfeld & Monti (I) glaubten nun mikrochemisch nachweisen zu können, daß der Phosphor vorwiegend im Chromatin der Kerne enthalten sei. Sie brachten die zu untersuchenden Pflanzenteile zunächst in eine Lösung von molybdänsaurem Ammon, das in salpetersaurer Lösung mit organischen Phosphorverbindungen eine Fällung giebt, wenn aus denselben Phosphorsäure abgespalten wird. Diese Fällung, die sofort am Ort der Entstehung niedergeschlagen wird, wird durch nachheriges Auswaschen nicht entfernt und kann dann durch Reduktion mit Pyrogallol, das je nach der Intensität gelbe, braune oder schwarze Färbungen erzeugt, sichtbar gemacht werden. Pollacci (I) verfuhr im wesentlichen in der gleichen Weise, benutzte aber zur Reduktion des niedergeschlagenen molybdänsauren Ammons Zinnchlorür, durch das eine in Glycerin haltbare blaue Färbung hervorgerufen wird. Aus den mit Hilfe dieser Methoden ausgeführten Untersuchungen schlossen nun die genannten Autoren, daß der Phosphor namentlich in den jugendlichen Kernen, und zwar besonders in den chromatischen Bestandteilen derselben angehäuft sein sollte.

Im Gegensatz hierzu konnte nun aber Raciborski (II) nachweisen, daß die beschriebene Reaktion nicht zur Feststellung des Phosphorgehaltes benutzt werden kann, daß das molybdänsaure Ammon in dem Chromatin nicht durch Phosphorsäure chemisch gebunden, sondern nur in ähnlicher Weise wie Farbstoffe u. dergl. gespeichert wird. Zu dem gleichen Resultate gelangten auch Gilson (I) und Heine (I, 449). Der letztgenannte Autor giebt ausdrücklich an, daß die Molybdänsäure-Reaktion in der gleichen Weise wie beim Chromatin auch mit phosphorfreiem Eiweiß und mit anderen Stoffen eintritt. Wir können somit über die Verteilung des Phosphors innerhalb des Kernes zur Zeit noch keine zuverlässigen Angaben machen.

2) Eisen. Von Zaleski (I) wurde der Nachweis geliefert, daß in der tierischen Leber organisch gebundenes Eisen konstant vorkommt, und zwar ist dasselbe speciell auch in den Kernen abgelagert. Zum Nachweis des Eisens bringt Zaleski (II) die zu untersuchenden Organe für 2 Minuten bis $^1/_2$ Stunde oder länger in eine 1—3-proz. wässerige oder alkoholische Lösung von Schwefelammonium oder zunächst in eine 1—3-proz. Lösung von gelbem oder rotem Blutlaugensalz oder Rhodankalium und dann in 2-proz. alkoholische oder wässerige Salzsäure. Der genannte Autor hat sich auch noch durch besondere Versuche davon überzeugt, daß das Ergebnis der Reaktion nicht beeinträchtigt wird, wenn die betreffenden Organe mit reinem Stahlmesser geschnitten werden.

R. Schneider (I u. II) behandelt die zu untersuchenden Objekte zuerst mit verdünnter Ferrocyankaliumlösung und dann mit verdünnter

Salzsäure. Durch letztere findet eine Zerspaltung der Eisenverbindungen statt und infolge dessen Bildung von Berliner Blau. Das Eisen soll nach den mit Hilfe dieser Methode an zahlreichen verschiedenen tierischen Objekten ausgeführten Untersuchungen namentlich häufig in den Kernen aufgespeichert sein.

Eingehende Untersuchungen über den Eisengehalt der Kerne liegen schließlich von MACALLUM (I u. II) vor. Dieser Autor benutzte zum Nachweis des maskierten Eisens namentlich eine Lösung von Ammoniumsulfhydrat in Glycerin und ließ dieselbe bei 55—60° C zum Teil wochenlang auf die Präparate einwirken, nachdem aus denselben zuvor durch die BUNGE'sche Flüssigkeit (90 Vol. 95-proz. Alkohol + 10 Vol. 25-proz. Salzsäure) das anorganisch gebundene Eisen extrahiert war. Außerdem fand er aber auch, daß durch Alkohol, der auf 100 Vol. 4 Vol. konz. Schwefelsäure oder 3 Vol. Salpetersäure (vom spec. Gew. 1.4) enthält, ebenfalls eine Zersetzung des organisch gebundenen Eisens stattfindet, und daß dieses sofort nach seiner Entstehung an Ort und Stelle gefällt wird, so daß es dann mit Ferrocyankalium nachgewiesen werden kann. Mit Hilfe dieser Reaktionen untersuchte nun MACALLUM eine große Anzahl tierischer und pflanzlicher Organe und gelangte zu dem Schlusse, daß das Eisen namentlich in den Kernen, und zwar vorwiegend im Chromatingerüst derselben enthalten ist. Weniger Eisen wurde dagegen im allgemeinen in den Nukleolen beobachtet. Bei den Pilzen soll nach MACALLUM eisenhaltiges Chromatin vielfach auch im Cytoplasma verteilt sein.

Hervorheben möchte ich aber schließlich noch, daß beim mikrochemischen Nachweis des Eisens jedenfalls große Vorsicht geboten ist. Einerseits ist, wie von GILSON (I) nachgewiesen wurde, gerade das Chromatin dadurch ausgezeichnet, daß es Eisen und andere Metalle stark speichert; andererseits wurde auch von C. MÜLLER (I) nachgewiesen, daß namentlich der Eisengehalt der benutzten Glasgefäße zu Beobachtungsfehlern führen kann.

3) Calcium. Von LÖW (I, 376) wurde die Vermutung ausgesprochen, daß der Zellkern aus Calciumverbindungen von Nucleïn und Plastin aufgebaut sein soll. Der genannte Autor stützt diese Ansicht im wesentlichen auf die schädliche Wirkung, die freie Oxalsäure und lösliche Oxalate auf den Kern der chlorophyllhaltigen Pflanzen ausüben. Dieselbe soll nach LÖW auf einer Abspaltung von Calcium aus jenen hypothetischen Verbindungen beruhen. Uebrigens ist es bisher noch in keinem Falle gelungen, bei derartigen Versuchen Calcium in den Kernen nachzuweisen. Dieses negative Ergebnis hat nach LÖW darin seinen Grund, daß entsprechend dem hohen Molekulargewicht der Kernstoffe nur sehr geringe Mengen von Calcium im Kerne enthalten zu sein brauchen. Der Umstand, daß Oxalate auf Pilze nicht schädlich wirken, macht ferner die Annahme nötig, daß die Kerne dieser Organismen eine abweichende chemische Beschaffenheit besitzen.

b) Der mikrochemische Nachweis von Proteïnstoffen, Nucleïn und Plastin im Kern.

Ausgehend von den durch die oben besprochenen makrochemischen Untersuchungen festgestellten Eigenschaften der Proteïne, Nucleïne etc., hat in erster Linie ZACHARIAS (I, V—IX, XI—XVI) die Verteilung dieser Stoffe innerhalb der verschiedenen Organe der Zelle nachzuweisen gesucht. Nach diesen Untersuchungen ist im Kern allgemein Eiweiß, Nucleïn und Plastin enthalten und zwar findet sich Eiweiß neben Plastin hauptsächlich in den Nukleolen, während die Chromatinkugeln, Chromosomen etc. in erster Linie aus Nucleïn bestehen sollen.

Zur mikrochemischen Unterscheidung der verschiedenen Stoffe wurden nun bisher namentlich folgende Reaktionen benutzt:

1) Eiweiß. Zum mikrochemischen Nachweis von Eiweiß verwendet ZACHARIAS zunächst die Verdaubarkeit desselben durch Pepsinsalzsäure oder künstlichen Magensaft. Man benutzt zu diesen Versuchen zweckmäßig ein Pepsin-Glycerin, das z. B. von Dr. G. GRÜBLER (Leipzig, Bayerische Str. 63) bezogen werden kann. Dasselbe wird für den Gebrauch mit 3 Teilen Wasser, das mit 0.2 Proz. reiner konz. Salzsäure versetzt ist, verdünnt. Die Verdauung wird durch Erwärmen auf ca. 40° C bedeutend beschleunigt. Bei Alkoholmaterial findet die Verdauung gewöhnlich etwas langsamer statt als bei frischen Objekten; im allgemeinen ist aber dennoch am besten solches Material zu verwenden, das kurze Zeit (etwa 24 Stunden) der Alkoholwirkung ausgesetzt ist, weil dieses gewöhnlich klarere Bilder liefert.

In zweiter Linie benutzt ZACHARIAS zum Nachweis der Proteïnstoffe die zuerst von TH. HARTIG angewandte Reaktion mit gelbem Blutlaugensalz und Eisenchlorid. Diese beruht darauf, daß Eiweiß mit gelbem Blutlaugensalz eine Verbindung eingeht, aus der das letztere durch Auswaschen mit 60-proz. Alkohol nicht entfernt werden kann. Von Zacharias (IX, 211) wird die Reaktion in der Weise ausgeführt, daß er die zu prüfenden Objekte zuerst eine Stunde lang in einem frisch bereiteten Gemisch von:

1 T. 10-proz. wässeriger Lösung von gelbem Blutlaugensalz
1 „ Wasser
1 „ Essigsäure (spec. Gew. 1.063)

verweilen läßt. Dann wird so lange mit 60-proz. Alkohol ausgewaschen, als die Waschflüssigkeit noch sauer reagiert oder sich mit Eisenchlorid noch blau färbt. Darauf wird verdünnte Eisenchloridlösung zugesetzt, die in den eiweißhaltigen Organen eine Blaufärbung erzeugt. Wie ZACHARIAS (XVI, 304) neuerdings hervorhebt, kann bei dem Gelingen der Reaktion nur unter gleichzeitiger Berücksichtigung anderer Reaktionen auf das Vorhandensein von Eiweiß geschlossen werden. „Bleibt aber die Blaufärbung aus, so wird man annehmen können, daß Eiweißkörper, welche mit Blutlaugensalz Niederschläge geben, in dem untersuchten Objekt nicht in nachweisbarer Menge vorhanden sind.“

2) Nucleïne. Als Vergleichsobjekt bei seinen mikrochemischen Untersuchungen benutzte ZACHARIAS (XVI) namentlich die nachweislich zum größten Teil aus Nucleïnsäure bestehenden Kopfhüllen des Lachsspermas und beobachtete bei einer Vergleichung derselben mit den in den Kernen der *Phajus*-Wurzeln enthaltenen Chromatinkugeln im wesentlichen vollständig übereinstimmende Reaktionen. Nur in dem Verhalten gegen Soda weichen die Chromatinkugeln vom *Phajus* etwas ab. Sie werden nämlich in verdünnter (0.5—1-proz.) Sodalösung vollständig aufgelöst, während die Lachssperma-Nucleïnsäure bald nach der Bereitung ihre Löslichkeit in Sodalösung verliert.

Bei seinen Untersuchungen über die Verbreitung des Nucleïns benutzte nun ZACHARIAS in erster Linie Pepsinsalzsäure als Reagens. Durch diese werden ja auch nach den vorliegenden makrochemischen Untersuchungen in der That die echten Nucleïne nur wenig oder gar nicht angegriffen. ZACHARIAS fand nun auch bei den von ihm untersuchten Pflanzenteilen, daß namentlich das Chromatin der

Wirkung des Magensaftes widersteht. Uebrigens gilt dies doch nicht für alle Objekte; wenigstens giebt HEINE (I, 499) neuerdings an, daß die Spermatozoenköpfe und Chromosomen des Salamanders schon bei 1—1$^{1}/_{2}$-stündiger Verdauung durch Pepsinsalzsäure vollständig ausgelaugt werden. Eine gewisse Verschiedenheit in dem Verhalten gegen Magensaft wurde ferner von WITKOWSKI (I) angegeben, nach dessen hauptsächlich unter Benutzung von Pepsinsalzsäure ausgeführten Untersuchungen die Kerne in jungen Ganglienzellen nucleïnreich, in älteren aber nucleïnfrei sein sollen.

In zweiter Linie benutzt ZACHARIAS zum Nachweis des Nucleïns 0.3-proz. Salzsäure, in der das Chromatin im Gegensatz zu den Nukleolen ein scharf umschriebenes, eigentümlich glänzendes Aussehen annimmt.

Sodann sollen nach ZACHARIAS (XIV, 241) bei Schnitten von Alkoholmaterial nach schwachem Erwärmen unter Deckglas in einem Gemisch von 1 Vol. konzentrierter Essigsäure und 1 Vol. Wasser die nucleïnhaltigen Teile des Kernes ein außerordentlich scharf konturiertes und glänzendes Aussehen annehmen, während die Nukleolen und das Zellplasma stark quellen. Diese Verschiedenheit soll dagegen nicht in der gleichen Weise hervortreten, wenn das Alkoholmaterial zuvor mit künstlichem Magensaft behandelt wird.

Von Farbstoffen benutzte ZACHARIAS zum Nachweis des Nucleïns zunächst verschiedene Carminlösungen, und zwar fand er (I, 264), daß durch neutrale oder ammoniakalische Carminlösung vorwiegend die Nukleolen gefärbt werden, während durch Lösungen, die mit Essigsäure angesäuert sind, umgekehrt die Nucleïnkörper am intensivsten, die Nukleolen aber gar nicht oder nur schwach tingiert werden. ZACHARIAS (V, 285) nahm später an, daß diese Färbungen damit zusammenhängen, daß die Nukleolen in neutralem, carminsaurem Ammoniak nicht merklich, in sauren Lösungen hingegen sehr stark quellen, während die Nucleïnkörper ein umgekehrtes Verhalten zeigen.

Bei einer an verschiedenen Pflanzen vorgenommenen Nachprüfung habe ich diese Angaben mehrfach bestätigt gefunden. In einigen Fällen erhielt ich aber auch abweichende Resultate. So erwähne ich, daß ich bei Benutzung von Alkoholmaterial und der gleichen mit Essigsäure versetzten Carminlösung an Schnitten von der Wurzel von *Hyacinthus orientalis*, den Angaben von ZACHARIAS entsprechend, das Chromatin intensiv gefärbt, die Nukleolen aber ganz farblos fand, während bei Schnitten durch den Blattstiel von *Cucumis sativus* gerade umgekehrt die Nukleolen am intensivsten gefärbt waren. Die allgemeine Anwendbarkeit der Carminlösungen zu analytischen Zwecken scheint mir somit noch einer genaueren Prüfung bedürftig.

Neuerdings hat ZACHARIAS (VI, 188) bei seinen mikrochemischen Untersuchungen auch rotblaue Farbstoffgemische benutzt, und zwar operierte er mit einer Lösung von 0.5 g Methylenblau und 0.5 g Fuchsin in 500 ccm Wasser. Die zu untersuchenden Objekte werden vor der Behandlung mit diesem Gemisch in Alkohol fixiert und dann mit 0.3-proz. Salzsäure behandelt. Nach der Färbung wird eventuell mit Alkohol ausgewaschen und dann in der gewöhnlichen Weise in Kanadabalsam eingeschlossen. Wie bereits S. 23 erwähnt wurde, speichern aus einem derartigen Gemische die Nucleïne und Nucleïnsäuren vorwiegend den blauen, die Eiweißstoffe aber den roten Farbstoff.

Zu beachten ist jedoch, daß bei diesen Färbungen die Vorbehandlung der Objekte eine große Rolle spielt. So wird z. B. von HEINE (I) angegeben, daß bei Präparaten vom Salamanderhoden bei der Färbung durch Safranin + Methylgrün nach der Vorbehandlung mit $^{1}/_{10}$ normaler Essigsäure oder Oxalsäure, die auf Nucleïn nicht chemisch

verändernd einwirkt, das Chromatin sich rot, nach vorheriger Behandlung mit stark verdünnter Ammoniaklösung aber grün färbte. Ferner fand HEINE (I) im Gegensatz zu ZACHARIAS, daß durch Vorbehandlung mit 0.3-proz. Salzsäure und darauf folgendes gründliches Auswachsen die Tinktionsfähigkeit des Chromatins für basische Farbstoffe wesentlich herabgesetzt wird.

Den Nachweis, daß das in den Kernen enthaltene Chromatin wirklich aus Nucleïnen besteht, suchte MALFATTI (I, 19) in der Weise zu führen, daß er verschiedene pflanzliche und tierische Objekte nach der Härtung in Alkohol oder Sublimat mit 10-proz. Lösung von Mononatriumphosphat, das nach SCHWARZ das Chromatin löst (s. u. S. 29), extrahierte. Das Filtrat zeigte nun bei Zusatz von Essigsäure keine Trübung, bei Salzsäurezusatz trat aber eine Fällung ein, die durch Alkohol noch verstärkt wurde, in Ammoniak aber löslich war. Die durch Essigsäure angesäuerte Lösung stimmte ferner insofern mit dem Nucleïn überein, als es Eiweiß fällt. Ein aus Kalbsmilz in dieser Weise hergestelltes Präparat enthielt 6.5 Proz. Phosphor. Aus Hefezellen konnte MALFATTI dagegen mit Mononatriumphosphat keine Spur von einem nucleïnartigen Körper erhalten.

3) Zur Unterscheidung von Plastin und Nucleïn benutzt ZACHARIAS namentlich Salzsäure, die im Verhältnis 4 : 3 mit Wasser verdünnt ist, und 10-proz. Kochsalzlösung. In beiden ist Nucleïn löslich, Plastin aber unlöslich. In Uebereinstimmung hiermit giebt auch HEINE (I) neuerdings an, daß nach Behandlung mit der obengenannten Salzsäure ein das Chromatin vorher vollständig einhüllendes Plastingerüst zurückbleibt, das namentlich durch Farbstoffe sichtbar gemacht werden kann.

c) Morphologische Reaktionen.

Von denjenigen Autoren, welche an die morphologische Differenzierung des Kernes anknüpften und nachzuweisen suchten, daß die einzelnen Inhaltskörper desselben bei den verschiedenen Pflanzen aus den gleichen Stoffen aufgebaut seien, ist in erster Linie SCHWARZ (I) zu nennen, der auf Grund seiner hauptsächlich mit verschiedenen Lösungsmitteln angestellten Untersuchungen in den Kernen allgemein 5 verschiedene Substanzen unterscheidet: das Amphipyrenin, das die Kernmembran bildet; das Pyrenin, die Substanz der Nukleolen; das Chromatin, die stark tinktionsfähige Substanz des Kerngerüstes; das Linin, das ein fibrilläres Gerüst im Kerne bilden soll; und das Paralinin, das die Maschen dieses Gerüstes ausfüllen soll.

Nach einer von SCHWARZ (I, 184) entworfenen Tabelle scheint es auch in der That ein Leichtes zu sein, in allen Kernen diese Substanzen von einander zu unterscheiden. In Wirklichkeit liegt die Sache aber doch wesentlich anders, denn obwohl SCHWARZ selbst nur an sehr wenigen Pflanzen seine Reaktionen geprüft hat, erhielt er bei diesen zum Teil schon sehr differierende Resultate, die zu den bestimmten Angaben der Tabelle wenig passen. Da nun aber trotz verschiedener Einwände (vergl. u. a. ZACHARIAS XII und XIII) die SCHWARZ'sche Terminologie von verschiedenen Autoren in mehr oder weniger kritikloser Weise benutzt ist, schien es mir zweckmäßig, die wichtigsten Reaktionen, welche hier in Frage kommen könnten, zum Teil auf Grund eigener Untersuchungen etwas eingehender kritisch zu beleuchten.

Zur Unterscheidung des Chromatins von der Substanz der Nukleolen (Pyrenin) können nach der Tabelle von SCHWARZ (I, 184) folgende Reaktionen benutzt werden:

	Chromatin	Pyrenin
1) Kochsalz 20 Proz.	löslich	unlöslich (durchsichtig werdend)
2) $MgSO_4$ konzentriert	„	unlöslich
3) KH_2PO_4 1 Proz.	„	„
5 „	„	„
4) Ferrocyankalium + Essigsäure	„	gefällt
5) $CuSO_4$ konzentriert	langsam löslich	unlöslich gefällt
6) Trypsin	sehr leicht verdaubar	teilweise schwer verdaubar

1) Hinsichtlich der 20-proz. Kochsalz-Lösung sagt SCHWARZ (I, 103) nach Besprechung der speciellen Beobachtungen: „Wir sehen also, daß beim Einbringen der Kerne in die 20-proz. Kochsalzlösung Pyrenin und Amphipyrenin unlöslich bleiben, während die übrigen Substanzen verquellen. Bei dem Mangel einer Struktur in der gequollenen Masse können wir nicht sagen, ob das Chromatin, die achromatische Gerüstsubstanz und die Grundsubstanz alle nur gequollen sind, oder ob die eine oder die andere derselben sich auch gelöst hat.“ Nach diesen Beobachtungsergebnissen von SCHWARZ schien es mir überflüssig, die Verwendbarkeit dieses Reagens einer speciellen Prüfung zu unterziehen.

2) Die konzentrierte Lösung von Magnesiumsulfat wirkt nach SCHWARZ (I, 104) auf die untersuchten 5 Pflanzen verschieden: Das Chromatin soll in den Kernen von *Pisum* und *Vicia sativa* etwas schwerer löslich, bei *Lupinus* sollen dagegen die Kernkörperchen nicht vollständig unlöslich sein. Eine allgemeinere Anwendbarkeit des betreffenden Reagens mußte somit schon nach den eigenen Beobachtungen von SCHWARZ sehr fraglich erscheinen. Zu noch ungünstigeren Ergebnissen führte aber die von mir ausgeführte Nachprüfung. Ich erwähne bezüglich derselben nur, daß ich bei Blattstielen von *Cucumis sativus* und Wurzeln von *Hyacinthus*, die zunächst mit Alkohol fixiert waren, die Kerne nach 20-stündigem Aufenthalt in konzentrierter Magnesiumsulfatlösung nicht wesentlich verändert fand. Speciell waren bei beiden Pflanzen mit Hämalaun die Chromatinkugeln deutlich sichtbar zu machen. Ließ ich dagegen die Magnesiumsulfatlösung direkt auf Schnitte von den lebenden Pflanzenteilen wirken, so erhielt ich so verschiedenartig verquollene Bilder, daß es mir auch nach verschiedenartiger Färbung nicht möglich war, an derartigen Präparaten feinere Strukturverhältnisse mit Sicherheit festzustellen.

3) Ueber die Wirkung von 1-proz. KH_2PO_4 ist aus den speciellen Angaben von SCHWARZ (I, 105) nichts zu ersehen.

In 5-proz. Lösung soll das Chromatin aller Kerne löslich sein, die Nukleolen aber unlöslich.

Ich bemerke hierzu, daß Schnitte von *Vicia Faba* (Stengel), *Cypripedium insigne* (Blatt), *Hyacinthus orientalis* (Blatt) und *Cucumis sativus* (Blattstiel) nicht die geringste Aenderung an den Chromatinkugeln und Nukleolen erkennen ließen, wenn dieselben vor dem Einlegen in die 5-proz. Monokaliumphosphatlösung, in der sie bis zu 32 Stunden verblieben, durch 15—20 Minuten langen Aufenthalt in Alkohol abgetötet waren. Speciell waren bei den so behandelten Objekten die Chromatinkugeln in allen Kernen mit Hämalaun sichtbar zu machen.

Brachte ich aber Schnitte von den oben bezeichneten Pflanzenteilen direkt in die Monokaliumphosphatlösung, so erhielt ich nach der Färbung mit Hämalaun verschiedenartige Bilder. Bei *Cucumis* waren die Chromatinkugeln zwar in einzelnen Kernen noch deutlich sichtbar, bei vielen war aber nur noch eine fädige Struktur zu beobachten. Eine deutlich schaumartige Struktur zeigten dagegen fast alle Kerne bei *Vicia Faba*. Die starke Tinktionsfähigkeit des schaumartigen Gerüstes macht es aber wahrscheinlich, daß dasselbe hauptsächlich aus dem Chromatin des Kerngerüstes hervorgegangen ist. Aehnliche Resultate lieferten auch die beiden anderen Pflanzen, und es war auch bei ihnen das verschiedenartig gestaltete Kerngerüst durch starke Tinktionsfähigkeit ausgezeichnet.

Besonders beachtenswert erscheint mir nun aber noch, daß bei den lebend in die Monokaliumphosphatlösung gebrachten Schnitten die Zellen zunächst plasmolysiert waren und jedenfalls ganz allmählich abstarben. Die beobachtete abnorme Kernstruktur dürfte somit in erster Linie auf die mit dem langsamen Absterben verbundenen Degenerationserscheinungen zurückzuführen sein. Inwieweit dabei überhaupt einfache

chemische Wirkungen mit in Frage kommen, läßt sich nicht angeben. Auf alle Fälle scheinen mir die in dieser Weise gewonnenen Präparate zur Ermittelung der chemischen Eigenschaften des Chromatins nicht geeignet.

4) In Ferrocyankalium und Essigsäure soll das Chromatin sich vollständig lösen, die Nukleolen aber erhalten bleiben. Die letzteren konnten noch nach der Behandlung mit Ferrocyankalium mit Hilfe der GRAM'schen Methode gefärbt werden, allerdings schien es SCHWARZ (I, 116), als ob sie etwas weniger intensiv tingiert wären als vor der Behandlung mit Ferrocyankalium. SCHWARZ (I, 7) benutzte als Reagens eine Mischung von:

1 Vol. 10-proz. Blutlaugensalzlösung
2 „ Wasser
$^1/_2$ „ Eisessig.

Bei einer an einem anderen Orte ausführlicher zu beschreibenden Nachprüfung dieser Angaben erhielt ich dagegen durchaus negative Resultate und konnte mich in keinem Falle davon überzeugen, daß durch die von SCHWARZ angegebene Lösung wirklich eine Lösung des Chromatins bewirkt wird.

5) Eine „ziemlich konzentrierte“ Lösung von Kupfersulfat soll nach SCHWARZ (I, 116) das Chromatin allmählich in Lösung überführen, während die Nukleolen ungelöst bleiben. Im Gegensatz hierzu konnte ich (X, 473) aber bei einer größeren Anzahl von Versuchen, bei denen, wie l. c. ausführlich beschrieben ist, die Behandlungsart möglichst variiert wurde, in keinem Falle eine Lösung des Chromatins nachweisen und glaube somit zu dem Ausspruch berechtigt zu sein, daß das Kupfersulfat keinenfalls zur Unterscheidung des Chromatins und der Nukleolen eine allgemeinere Anwendung finden kann. Erwähnen will ich übrigens noch an dieser Stelle, daß MALFATTI (I, 14) bereits früher mitgeteilt hatte, daß Kupfersulfat in Lösungen von Nucleïnsäure stets einen Niederschlag hervorbringt. Die Nucleïnsäure soll aber durch die Wirkung des Kupfersalzes ihre Färbbarkeit einbüßen. Durch diesen Umstand suchte MALFATTI die, wie es scheint, von ihm nicht nachgeprüften Angaben von SCHWARZ zu erklären.

6) Ueber die Wirkungsweise des Trypsins bemerkt SCHWARZ (I, 118) bei der speciellen Besprechung der einschlägigen Beobachtungen, daß das Chromatin durch dasselbe durchgehends am leichtesten verdaut wird und schon nach 5—10 Minuten verschwindet, während die Nukleolen ziemlich lange erhalten bleiben. Schließlich werden aber in dem Trypsin die Kerne vollständig aufgelöst. Eigene Beobachtungen über die Wirkungsweise des Trypsins habe ich bisher nicht anstellen können. Immerhin sprechen für die allgemeinere Giltigkeit der SCHWARZ'schen Angaben die bereits S. 18 erwähnten Untersuchungen von POPOFF (I), nach denen die Nucleïnsäure der Thymusdrüse in Pepsinsalzsäure sehr wenig, in Trypsin aber leicht löslich ist. Nach älteren Untersuchungen von EWALD und KÜHNE (I) sollen allerdings die Kerne zahlreicher verschiedener tierischer Gewebe sowohl in Trypsin, als auch in Pepsin unlöslich sein.

Zur Unterscheidung von Chromatin und Linin könnten nach der Tabelle von SCHWARZ (I, 184) folgende Reaktionen in Frage kommen:

	Chromatin	Linin
1) Schwefelsaure Magnesia	löslich	unlöslich — wenig quellend
2) Monokaliumphosphat { 1-proz.	„	unlöslich
{ 5 „	„	„
3) Ferrocyankalium + Essigsäure	„	„
4) Schwefelsaures Kupfer konzentriert	langsam löslich	unlöslich gefällt

1) Bezüglich der schwefelsauren Magnesia betont SCHWARZ (I, 103, 104) selbst, daß diese sehr undeutliche mikroskopische Bilder liefert. Außerdem zeigten bereits die Kerne der 5 untersuchten Arten ein verschiedenes Verhalten. Schließlich habe ich bereits S. 29 erwähnt, daß ich bei Alkoholmaterial überhaupt keine lösende Wirkung des Magnesiumsulfats nachweisen konnte, bei der Einwirkung auf lebende Zellen aber eine mehr oder weniger vollständige Verquellung der Kerne beobachtete. Auf alle Fälle scheinen mir nun derartige Präparate zum Nachweis eines präexistierenden Liningerüstes nicht geeignet, da bei derartigen Verquellungen natürlich die verschiedenartigsten Kunstprodukte entstehen können.

2) Bei der speciellen Beschreibung der Wirkung der 1-proz. Monokaliumphosphatlösung macht SCHWARZ (I, 105) keine Angaben über das Verhalten des Chromatins. Von der 5-proz. Lösung sagt er aber ausdrücklich, daß das Chromatin in allen Kernen gelöst wird, während die übrigen Kernbestandteile, speciell auch das Linin, darin unlöslich sein sollen. Auf S. 29 habe ich nun aber bereits erwähnt, daß ich mich nicht von der Brauchbarkeit des Monokaliumphosphats zu mikrochemischen Zwecken überzeugen konnte. An dieser Stelle will ich nur nochmals hervorheben, daß es mir sehr wahrscheinlich erscheint, daß das bei direkter Einwirkung des genannten Salzes entstehende Gerüst, das nach SCHWARZ aus Linin bestehen soll, in Wirklichkeit durch Verquellung des Chromatins entstanden ist.

3) Durch die bereits S. 30 erwähnte Lösung von Ferrocyankalium und Essigsäure sollen nach SCHWARZ die Chromatinkugeln gelöst werden, während die Lininfibrillen deutlich hervortreten sollen. Im Gegensatz hierzu fand ich nun aber bei verschiedenen Objekten, daß daß Chromatin in dem genannten Reagens vollständig ungelöst bleibt, und konnte auch innerhalb der mit demselben behandelten Präparate in keinem Falle eine fibrilläre Struktur in den Kernen mit voller Deutlichkeit beobachten.

4) Bezüglich des Kupfersulfats habe ich schon S. 30 bemerkt, daß ich in keinem Falle beobachten konnte, daß durch dasselbe eine Lösung des Chromatins bewirkt wird. Ausdrücklich hervorheben will ich aber nochmals an dieser Stelle, daß ich mich besonders davon überzeugt habe, daß speciell die körnigen Elemente des Kerngerüstes (die Chromatinkugeln) durch den Aufenthalt in der Kupfersulfatlösung nicht verändert werden.

Sicherer als mit Hilfe der von SCHWARZ vorgeschlagenen Lösungsmittel gelingt in vielen Fällen die Unterscheidung der verschiedenen Kernbestandteile durch Anwendung geeigneter Tinktionsmethoden, und zwar sind in dieser Beziehung in erster Linie die zuerst von AUERBACH (I und II) in systematischer Weise erprobten rotblauen Farbstoffgemische zu nennen. Mit Hilfe derselben konnte der genannte Autor nicht nur „erythrophile“ und „cyanophile“ Kernbestandteile unterscheiden, sondern auch zwischen ganzen Kernen, speciell den männlichen und weiblichen Sexualkernen derartige Verschiedenheiten nachweisen. Zur Färbung der erythrophilen Kernbestandteile empfiehlt nun AUERBACH in erster Linie Eosin, Fuchsin, Aurantia, Carmin und Pikrocarmin, während er zur Färbung der cyanophilen Substanzen u. a. Methylgrün, Anilinblau und Hämatoxylin anwendet. Von ROSEN (I) und SCHOTTLÄNDER (I) wurden diese Untersuchungsmethoden dann später auch auf pflanzliche Objekte ausgedehnt. Namentlich mit Hilfe einer von ROSEN empfohlenen Tinktionsmethode mit Säurefuchsin und Methylenblau gelang es, auch in diesen erythrophile und cyanophile Substanzen nachzuweisen. Als sehr geeignet für verschiedene morphologische Untersuchungen erwies sich schließlich die vom Verf. vorgeschlagene Färbung mit Fuchsin und Jodgrün (cf. S. 6).

Bei Benutzung dieser Methoden erwiesen sich nun im allgemeinen die Nukleolen als erythrophil, das Chromatin aber als cyanophil. Unter Verweisung auf S. 27 möchte ich aber nochmals betonen, daß das Resultat dieser Tinktionen von der Vorbehandlung der Präparate in hohem Grade abhängig ist. Außerdem erhielt ich (X, 463) bei einer ausgedehnten Prüfung der Jodgrün-Fuchsin-Methode auch bei der gleichen Fixierung je nach der untersuchten Pflanzenart sehr verschiedene Resultate. Bei manchen Pflanzen erschienen die Kerne nach der genannten Färbung gänzlich frei von cyanophiler Substanz, bei anderen konnte sogar nachgewiesen werden, daß Körper, die morphologisch unstreitig als Chromatinkörper aufzufassen waren, sich entschieden erythrophil verhielten. Uebrigens können diese Beobachtungen nicht in Frage stellen, daß die rotblauen und rotgrünen Doppelfärbungen bei der morphologischen Untersuchung des Kernes mit großem Erfolg

benutzt werden können, vielmehr müssen dieselben nur davon abhalten, den Doppelfärbungen einen allzu großen diagnostischen Wert bei der Unterscheidung der verschiedenen Kernbestandteile zuzuschreiben.

Nach den Untersuchungen von AUERBACH (II, 742) soll nun übrigens das tinktionelle Verhalten mit gewissen chemischen Verschiedenheiten Hand in Hand gehen. So sollen die cyanophilen Kernbestandteile in 2—5-proz. Kochsalzlösung, sowie auch in ebenso konzentrierter Lösung von neutralem chromsaurem Ammon und in 0.1- bis 0.13-proz. Sublimatlösung löslich sein, während die erythrophilen Kernbestandteile durch diese Lösungen fixiert werden sollen.

An pflanzlichen Objekten scheinen mir diese Angaben bisher nicht geprüft zu sein, nach einigen eigenen Versuchen dürfte ihnen aber für diese keine allgemeine Giltigkeit zukommen. So beobachtete ich zunächst bei Blattstielstücken von *Cucurbita Pepo*, die 40 Stunden mit Alkohol behandelt, dann ausgewaschen, darauf für 48 Stunden in 2.5-proz. Kochsalzlösung gebracht und schließlich in der gewöhnlichen Weise in Paraffin eingebettet waren, daß nach der Färbung der Mikrotomschnitte mit Hämalaun die Nukleolen intensiv gefärbt waren, die Chromatinkugeln zwar etwas heller, aber ebenfalls deutlich erhalten waren. Bei der Färbung nach der Fuchsin-Jodgrün-Methode (vergl. S. 6) waren die Nukleolen sehr intensiv rot, die Chromatinkugeln hellgrün oder farblos. Von Blattstücken von *Fritillaria imperialis* und *Hyacinthus* erhielt ich dagegen bei der gleichen Behandlungsweise schlechte, scheinbar verquollene Kernstrukturen.

Ferner wurden Blattstielstücke von *Cucurbita Pepo* direkt in 0.1-proz. Sublimatlösung gebracht, in dieser 2 Tage lang belassen und dann nach vollständigem Auswaschen in Paraffin eingebettet. An den von diesem Material gewonnenen Mikrotomschnitten waren die Chromatinkugeln ebenfalls erhalten; sie waren aber bei der Färbung mit Fuchsin und Jodgrün entschieden erythrophil. Bei Blattstücken vom *Fritillaria* erhielt ich dagegen auch bei Anwendung dieser Methode ungünstige Resultate. Die Kerne erschienen ziemlich homogen, aber stark erythrophil.

Aus diesen Versuchen dürfte immerhin hervorgehen, daß durch die betreffenden Stoffe nicht allgemein die cyanophilen Chromatinkugeln in Lösung gebracht werden. Inwieweit aber die betreffenden Reagentien bei der morphologischen Untersuchung der pflanzlichen Kerne von Nutzen sein können, läßt sich natürlich nur durch umfassendere Untersuchungen feststellen.

Zu erwähnen ist an dieser Stelle schließlich noch eine von LÖWIT (II) angegebene Färbungsmethode, durch die bei Material, das mit 0.1- bis 0.3-proz. Platinchloridlösung fixiert ist, allein das Chromatin intensiv gefärbt werden soll. Nach dieser Methode werden die Schnitte zunächst 2—4 Minuten lang mit alkoholischer Safraninlösung gefärbt, dann mit einem frisch bereiteten Gemisch von:

3—5 ccm 1-proz. alkoholischer Pikrinsäurelösung
1—2 Tropfen offizineller Jodtinktur

10—15 Sekunden ausgewaschen und schließlich in der gewöhnlichen Weise in Kanadabalsam eingeschlossen. Der genannte Autor beobachtete nach dieser Behandlung, daß in tierischen Kernen ausschließlich die Chromatinkugeln intensiv rot gefärbt waren, während die Nukleolen eine gelbe Färbung zeigten.

Da diese Methode bei der Untersuchung pflanzlicher Kerne bisher nicht benutzt zu sein scheint, habe ich dieselbe an einigen Objekten erprobt und erhielt auch z. B. bei Schnitten durch das Blatt der *Hyacinthe* in der That eine ausschließliche Rotfärbung der Chromatinkugeln. Um intensive Färbungen zu erhalten, mußte ich aber bei diesem Objekte die alkoholische Safraninlösung längere Zeit (etwa 1/2—1 Stunde) einwirken lassen; ferner fand ich es zweckmäßig, das Safranin zunächst oberflächlich mit reinem Alkohol abzuspülen, weil bei direktem Auftragen der Jodpikrinsäure Niederschläge entstehen, die nur durch längeres Auswaschen mit Alkohol entfernt werden können. Bei ganz gleicher Behandlungsweise erhielt ich dagegen von den Blattstielen von *Cucurbita Pepo* keine gut differenzierten Färbungen.

Verwandte ich ferner bei diesem Objekte an Stelle der alkoholischen Safraninlösung Anilinwasser-Safranin, so waren nach dem Auswaschen mit Jodpikrinsäure Chromatinkugeln und Nukleolen intensiv gefärbt. Ebenso erhielt ich auch bei anderen

Objekten verschiedenartige Resultate, und es erscheint mir somit zweifelhaft, ob die Löwit'sche Färbung zur Unterscheidung der Chromatinkugeln und Nukleolen einer allgemeinen Anwendung fähig ist. Immerhin dürfte dieselbe auch bei der morphologischen Untersuchung der pflanzlichen Kerne vielfach mit gutem Erfolge anzuwenden sein.

4. Die morphologische Differenzierung des ruhenden Kernes.

Als „ruhende" Kerne sollen im folgenden, dem fast allgemein üblichen Sprachgebrauche entsprechend, diejenigen Kerne bezeichnet werden, welche sich nicht in Teilung befinden und auch keines von den Merkmalen zeigen, welche für die der Teilung unmittelbar vorausgehenden oder nachfolgenden Stadien charakteristisch sind. Es kann ja allerdings nicht in Abrede gestellt werden, daß der Ausdruck „ruhend" für diese Kerne nicht sehr glücklich gewählt ist, da er sich nun aber einmal als Terminus technicus eingebürgert hat, erschien es mir zweckmäßiger, denselben einfach beizubehalten, als die schon überreiche Terminologie der Zellenlehre noch durch einen neuen Namen zu bereichern.

An den ruhenden Kernen lassen sich nun bei genügend starker Vergrößerung fast ausnahmslos verschiedenartige Differenzierungen unterscheiden, und es wird auch wohl zur Zeit allgemein angenommen, daß der Zellkern stets eine feinere Struktur besitzt. Gegenteilige Angaben liegen, soviel mir bekannt, für die Pflanzenzellen nur von Schmitz (III, 175) vor. Nach diesen soll z. B. in den Kernen der *Chytridiaceen* vor der Zoosporenbildung und in den Zoosporen selbst das Chromatin in den Kernen zu einer gleichmäßig dichten Masse vereinigt werden, die eine ähnlich starke Lichtbrechung wie Oeltropfen besitzt und auch nach der Färbung vollkommen homogen erscheint. Uebrigens erscheint diese Angabe der Nachprüfung bedürftig. Wenn die betreffenden Gebilde nicht doch in Wirklichkeit Oeltropfen oder dergl. darstellen, so bleibt immerhin noch die Möglichkeit, daß sie als Nukleolen aufzufassen sind.

Unter den Differenzierungen der Kerne fallen nun im allgemeinen die gewöhnlich nur in geringer Zahl in jedem Kerne enthaltenen Nukleolen am meisten in die Augen, da sie sich durch besondere Größe und starke Lichtbrechung von den übrigen Kernbestandteilen unterscheiden. Es kann auch wohl kaum zweifelhaft erscheinen, daß die Nukleolen mit besonderen Funktionen betraute Bestandteile des Zellkernes darstellen, wenn auch, wie wir gleich sehen werden, eine ganz zuverlässige Unterscheidung derselben von den übrigen Einschlüssen des Kernes noch nicht möglich ist.

Bezüglich der übrigen Einschlüsse des Kernes kann die Frage, welche Struktur dieselben besitzen, zur Zeit noch nicht als definitiv gelöst angesehen werden. Da aber wohl schwerlich an der morphologischen Zusammengehörigkeit der von verschiedenen Autoren beschriebenen Strukturen gezweifelt werden kann, scheint es mir gerechtfertigt und zweckmäßig, für dieselben auch eine einheitliche Bezeichnung anzuwenden, und es soll denn auch im folgenden für dieselben die bereits vielfach in der Litteratur in diesem Sinne angewandte Bezeichnung Kerngerüst benutzt werden.

Erwähnen will ich nun übrigens gleich noch an dieser Stelle, daß

von verschiedenen Autoren im Kerngerüst zwei verschiedene Bestandteile unterschieden werden, von denen der eine, weniger stark tinktionsfähige ein Fadenwerk oder Balkengerüst bilden soll, dem der andere, stärker tinktionsfähige in Form von Körnchen oder dergl. eingelagert ist. Man bezeichnet dann die Substanz der stark tinktionsfähigen Kugeln etc. gewöhnlich als Chromatin, die der fädigen Strukturen dagegen mit dem von SCHWARZ (I) eingeführten Namen als „Linin".

Wenn nun auch, wie bereits S. 30 gezeigt wurde, die von dem genannten Autor angeführten, sehr unbestimmten Reaktionen zu einer chemischen Definierung des Linins in keiner Weise ausreichen, wenn es mir sogar nicht einmal erwiesen erscheint, daß die Lininfäden wirklich in allen oder auch nur in den meisten Fällen schon in der lebenden Zelle vorhanden sind, so scheint es mir doch auch auf der anderen Seite zur Zeit nicht möglich, den sicheren Nachweis zu liefern, daß es sich bei den von verschiedenen Autoren beschriebenen, derartigen Strukturen ausschließlich um Kunstprodukte handelt. Dem sehr verbreiteten Sprachgebrauche entsprechend soll deshalb die Substanz von die Chromatinkugeln umhüllenden, weniger tinktionsfähigen, netz- oder fadenförmigen Strukturen als Linin bezeichnet werden.

Ausdrücklich betonen will ich aber nochmals, daß ich unter Linin ebensowenig wie unter Chromatin eine bestimmte chemische Verbindung verstehe, sondern diesen Ausdruck nur als morphologischen Begriff anwende.

Außer dem Kerngerüst und den Nukleolen wird nun ferner im ruhenden Kerne gewöhnlich noch die Kernmembran und der Kernsaft unterschieden. Bei der Kernmembran liegt der morphologische Charakter des Begriffes schon im Namen, und es bedarf derselbe also an dieser Stelle keiner weiteren Erörterung. Als Kernsaft oder Kerngrundsubstanz bezeichnet man ferner gewöhnlich die gesamte nach Abzug des Kerngerüstes (Chromatin + Linin), der Nukleolen und der Kernmembran übrig bleibende Masse des Kernes. Ob dieselbe nun aber wirklich einen völlig flüssigen Aggregatzustand besitzt und eine einheitliche Lösung darstellt oder allgemein noch weitere Differenzierungen enthält, bedarf noch der Untersuchung. Jedenfalls scheint es mir aber zweckmäßiger, etwaige weitere Differenzierungen des Kernes mit besonderen Namen zu belegen und nicht etwa einfach zum Kernsaft zu rechnen, wie dies wohl mehrfach in der Litteratur geschehen. Als Kernsaft soll denn auch im folgenden ausschließlich die zwischen den verschiedenen, sichtbaren Differenzierungen des Kernes befindliche, homogen erscheinende Masse bezeichnet werden.

Als mehr heterogene Einschlüsse des Kernes sind schließlich noch die in der Pflanzenwelt ziemlich verbreiteten Proteïnkrystalloide zu nennen, die nach dem Kernsaft besprochen werden sollen. Am Schluß dieses Abschnittes sollen dann noch die von verschiedenen Autoren gemachten Angaben über anderweitige Bestandteile des Kernes (Stärke, Oel, Gerbstoffe) erörtert werden.

Bevor ich zur speciellen Besprechung der einzelnen Teile des Kernes übergehe, will ich noch erwähnen, daß für dieselben namentlich in der älteren Litteratur eine ganze Unzahl verschiedener Bezeichnungsweisen angewandt wird. Da diese Ausdrücke zur Zeit aber nur noch ein historisches Interesse besitzen und auch meist so gewählt sind, daß sie einer weiteren Erläuterung nicht bedürfen, scheint es mir überflüssig, auf diese Nomenklatur näher einzugehen. Ziemlich ausführlich wurde dieselbe übrigens von C. VAN BAMBEKE (I) zusammengestellt.

A. Das Kerngerüst.

Wie bereits S. 25 gezeigt wurde, wird das Kerngerüst, speciell die in demselben enthaltenen Chromatinkugeln, als der Hauptsitz der Nucleïne angesehen. Ferner wurde schon S. 27 u. 31 erwähnt, daß das Chromatin in den rotblauen oder rotgrünen Farbstoffgemischen im allgemeinen ein cyanophiles Verhalten zeigt. Doch kommen auch zahlreiche Fälle vor, in denen das Kerngerüst sich als erythrophil erweist. So wurde für die Pflanzenwelt zuerst von Rosen (I) und Schottländer (I) nachgewiesen, daß die weiblichen Sexualkerne, auf die im speciellen Teile dieses Buches noch näher eingegangen werden soll, sich gegenüber manchen Farbstoffgemischen entschieden erythrophil verhalten. Rein vegetative Kerne mit erythrophilem Kerngerüst beobachtete ferner Schottländer (I, 18) in den ausgewachsenen Zellen des Prothalliums von *Gymnogramme*.

Strasburger (IV) stellte sodann die Ansicht auf, daß das Kerngerüst dann eine erythrophile Reaktion zeigt, wenn den betreffenden Kernen viel Cytoplasma als Nährmaterial zur Verfügung steht. Als Beläge für diese Ansicht führt er speciell die stark erythrophilen Kerne in den Anlagen der Adventivkeime von *Funkia ovata* und die Kerne in den Pollenkörnern der *Gymnospermen* an. Bei den letzteren ist das Kerngerüst nach Strasburger um so mehr erythrophil, je größer die dieselben umschließenden Zellen sind. Von Zacharias (VI, 194) wurde nun aber bereits darauf hingewiesen, daß aus den Beobachtungen von Strasburger über die wirklich stattfindende Stoffaufnahme aus dem Cytoplasma nichts gefolgert werden kann. Rosen (III, 245) zeigte ferner, daß z. B. die Kerne in den Wurzelhaubenzellen von *Hyacinthus* vor dem Absterben ein rein erythrophiles Kerngerüst besitzen. Aehnliche Beobachtungen hatte bereits früher Raciborski (III, 251) an den später zu Grunde gehenden Nucelluszellen von *Funkia*, *Fritillaria* u. a. gemacht.

Unter Benutzung der S. 6 erwähnten Jodgrün-Fuchsin-Färbung gelangte Verf. (X) ferner zu dem Resultate, daß bezüglich des tinktionellen Verhaltens der Kerne zwischen den verschiedenen Pflanzen ganz bedeutende Verschiedenheiten bestehen, daß bei manchen Arten die in den verschiedensten Organen enthaltenen Kerne nach Anwendung des genannten Farbstoffgemisches ganz farblos erscheinen, während bei anderen das Kerngerüst sogar ein mehr oder weniger erythrophiles Verhalten zeigt. Es erscheint somit wohl nicht wahrscheinlich, daß das tinktionelle Verhalten der Kerne auf ernährungsphysiologische Prozesse zurückgeführt werden kann.

Erwähnen will ich schließlich noch an dieser Stelle, daß die Kerne in den noch nicht völlig entwickelten Idioblasten von *Camellia japonica*, für die Cavara (I) angegeben hat, daß sie keine normalen Nukleolen, sondern je eine große Chromatinkugel enthalten sollen, nach eigenen Untersuchungen in ihrem Verhalten gegen Fuchsin und Jodgrün mit den Kernen der umgebenden Assimilationsgewebezellen vollständig übereinstimmen. Es färbte sich bei ihnen — ähnlich wie bei *Begonia manicata* (cf. Zimmermann X, 467) — das ziemlich körnchenreiche Kerngerüst rotviolett oder rot, die Nukleolen ebenfalls rot, aber meist heller. Wie sich die Kerne der von Cavara hauptsächlich benutzten Biondi'schen Flüssigkeit gegenüber verhalten, habe ich nicht untersucht, es scheint mir aber schon nach dem Mitgeteilten unzweifelhaft, daß bei jenen Kernen von einer Chromatolyse, wie sie bei einigen tierischen Zellen beobachtet wurde, nicht die Rede sein kann.

Hinsichtlich der feineren Struktur des Kerngerüstes stehen sich zur Zeit noch sehr verschiedene Ansichten gegenüber. Es dürfte dies zum Teil darin seinen Grund haben, daß zwischen den verschiedenen Objekten in dieser Beziehung gewisse Verschiedenheiten vorhanden sind. Außerdem dürften aber auch die differierenden Angaben der verschiedenen Autoren zum Teil darauf zurückzuführen sein, daß von den feineren Strukturverhältnissen der Kerne nur ausnahmsweise an den lebenden Objekten mit Deutlichkeit etwas zu erkennen ist, und daß man infolgedessen gezwungen ist, bei diesen Untersuchungen fast ausnahmslos fixiertes und tingiertes Material anzuwenden, bei dem natürlich stets die Gefahr vorhanden ist, daß Kunstprodukte als wahre Strukturen gedeutet werden. In manchen Fällen sind auch wohl spekulative Beobachtungen von mehr oder weniger bedeutendem Einfluß gewesen.

Sehen wir nun aber von den diesbezüglichen Spekulationen ganz ab, so können auf Grund der thatsächlichen Beobachtungen wohl nur 3 verschiedene Ansichten über die feinere Struktur des Kerngerüstes in Frage kommen, und zwar soll dasselbe nach diesen eine wabige, eine fibrillär-retikuläre oder eine rein granuläre Struktur besitzen.

Eine wabige Struktur schreibt Bütschli (I, 60, 83 u. a.), nach dessen Beobachtungen bekanntlich der gesamte Plasmakörper eine Wabenstruktur besitzen soll, speciell auch dem Zellkern zu. Zur Illustration dieser Ansicht mag die nach einer Bütschli'schen Abbildung kopierte Fig. 11, die den Makronucleus einer *Akinete* darstellt, dienen. Aus derselben ist auch ersichtlich, daß die durch stärkere Lichtbrechung und Tinktionsfähigkeit ausgezeichneten Chromatinkugeln sich in den Ecken, in denen mehrere Gerüstwände zusammenstoßen, befinden. Die Untersuchungen Bütschli's wurden ausschließlich an niederen Organismen und höheren Tieren angestellt. Auf die an *Schizophyten* angestellten Beobachtungen dieses Autors werden wir im speciellen Teile noch näher zurückzukommen haben.

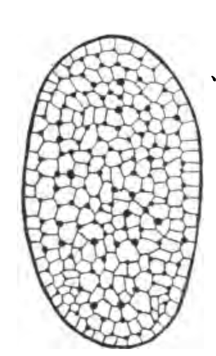


Fig. 11. Makronucleus einer Akinete, nach Bütschli (I, Taf. II, Fig. 7).

Bei höheren Pflanzen hat Verf. weder an lebendem Material, noch nach der verschiedenartigsten Fixierung und Tinktion sich mit einiger Sicherheit von dem Vorhandensein einer Wabenstruktur überzeugen können.

Die Ansicht, daß das Kerngerüst allgemein eine fädig-netzartige Struktur besitzen sollte, wurde namentlich von Flemming (I, 110) in eingehender Weise begründet und wird wohl zur Zeit von den meisten Autoren, die sich eingehender mit der Untersuchung tierischer oder pflanzlicher Zellen befaßt haben, vertreten. Es wird ferner von diesen Autoren gewöhnlich das Vorhandensein von zwei verschiedenen Substanzen im Kerngerüst angenommen. Von diesen soll die eine, das Linin, die netzartig verbundenen Fäden darstellen, während das Chromatin namentlich den Knoten der Netze in mehr oder weniger kugelartiger Gestalt eingelagert sein soll. Es kann auch in der That kein Zweifel darüber bestehen, daß man in sehr zahlreichen Fällen, speciell auch bei pflanzlichen Kernen derartige Bilder beobachtet, und zwar erhält man dieselben bei Anwendung so ver-

schiedenartiger Fixierungsmittel, daß die Präexistenz derselben für viele Fälle eine sehr große Wahrscheinlichkeit für sich haben dürfte. Uebrigens scheint mir dies namentlich für solche Organe zu gelten, die sich, wie Vegetationspunkte, Embryosäcke u. dergl., noch im jugendlichen, teilungsfähigen Zustande befinden. So stellt auch z. B. Fig. 12 einen ruhenden Kern aus dem Embryosackbelag von *Lilium Martagon* bei Einstellung auf die Medianebene dar. Es ist mir jedoch bei diesem Objekte auch bei Anwendung der stärksten Vergrößerungen zweifelhaft geblieben, in welcher Weise die feinen Stränge des Kerngerüstes unter sich vereinigt sind.

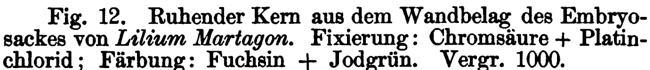
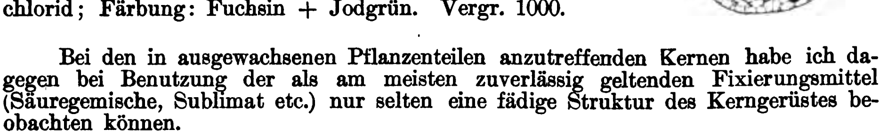


Fig. 12. Ruhender Kern aus dem Wandbelag des Embryosackes von *Lilium Martagon*. Fixierung: Chromsäure + Platinchlorid; Färbung: Fuchsin + Jodgrün. Vergr. 1000.



Bei den in ausgewachsenen Pflanzenteilen anzutreffenden Kernen habe ich dagegen bei Benutzung der als am meisten zuverlässig geltenden Fixierungsmittel (Säuregemische, Sublimat etc.) nur selten eine fädige Struktur des Kerngerüstes beobachten können.

Hervorheben will ich schließlich noch, daß von Flemming (II) für eine Anzahl von Fällen nachgewiesen wurde, daß auch in solchen Kernen, bei denen im unversehrten Zustande von einem Kerngerüst nichts zu sehen ist, dennoch unzweifelhaft bereits im lebenden Zustande eine fädige Struktur vorhanden ist.

Für eine vorwiegend oder ausschließlich granuläre Struktur der Kerne sind von den Autoren der tierischen Zellenlehre namentlich Altmann (I), Auerbach (I, 739) und Metzner (I) eingetreten. Altmann benutzte bei seinen diesbezüglichen Untersuchungen zur Fixierung eine 2.5-proz. Lösung von molybdänsaurem Ammoniak, dem eine wechselnde Menge von Chromsäure zugesetzt ist, zur Färbung Hämatoxylin und Gentianaviolett. Aus den in dieser Weise sichtbar gemachten Kerngranulis sollen nach Altmann die Chromosomen hervorgehen.

Metzner (I) verwendet dagegen zur Fixierung eine Lösung von 4.6 g Osmiumsäure in 100 ccm $^1/_2$-proz. Kochsalzlösung, zur Färbung teils Säurefuchsin und Pikrinsäure, teils Safranin, Gentianaviolett und andere Anilinfarbstoffe. Es gelang ihm so, zwei verschiedene Arten von Granulis, die als Chromatingranula und Liningranula bezeichnet werden, sichtbar zu machen.

Von botanischer Seite wurden bereits von Schmitz (III, 174) einige Fälle angeführt, in denen er innerhalb der ruhenden Kerne ausschließlich isolierte Chromatinkugeln beobachten konnte. Später ist dann namentlich Krasser (I), der sich aber bei seinen Untersuchungen zum größten Teil wenig Vertrauen erweckender Methoden bedient hat, für die körnige Struktur des Kernes eingetreten.

Verf. hat unter Anwendung der von Altmann empfohlenen Methode verschiedene pflanzliche Objekte untersucht, aber in keinem Falle günstige Resultate erhalten. Dahingegen beobachtete ich bei Benutzung der gewöhnlichen Fixierungs- und Färbungsmittel (z. B. Chromsäure + Platinchlorid, Chromsäure + Essigsäure + Osmiumsäure; Fuchsin + Jodgrün, Hämalaun, Safranin + Gentianaviolett u. a.) bei verschiedenen Objekten eine rein granuläre Struktur der chromatischen Elemente. Es ist hier in vielen Fällen von Verbindungsfäden zwischen den einzelnen Chromatinkugeln keine Spur zu be-

obachten, und es würde mir als rein willkürlich erscheinen, wenn man diese Kugeln als Knotenpunkte eines Netzes deuten wollte.

Schwieriger ist es allerdings zu entscheiden, ob die beobachteten Chromatinkugeln in der gleichen Form bereits in den lebenden Kernen enthalten waren. Die Beobachtungen am lebenden Material schienen mir aber für zahlreiche Fälle eher für, als gegen eine rein granuläre Struktur des Kernes zu sprechen. Für die Präexistenz der beobachteten Chromatinkugeln spricht auch der Umstand, daß dieselben innerhalb der gleichen Objekte bei Anwendung der verschiedenartigsten Fixierungsmethoden die gleiche Größe und Gestalt zeigen, während sich verschiedene Objekte bezüglich der eingeschlossenen Chromatinkugeln sehr verschieden verhalten können. Zur Illustration dieser Verschiedenheiten mag die beistehende Fig. 13 dienen, in der außer den schraffiert gezeichneten Nukleolen nur noch die nach Fixierung mit Essigsäure und Quecksilberchlorid und nach Färbung mit Fuchsin und Jodgrün durch cyanophiles Verhalten ausgezeichneten Chromatinkugeln dargestellt sind. Fig. 13 *A* zeigt zunächst einen mit sehr zahlreichen, kleinen Chromatinkugeln versehenen Kern von *Hyacinthus*, während in Fig. 13 *B* ein gleichzeitig große und kleine Chromatinkugeln enthaltender Kern von *Vicia Faba* dargestellt ist. Der in Fig. 13 *C* abgebildete Kern von *Cucurbita* enthält dagegen nur relativ wenige große Chromatinkugeln, während schließlich der in Fig. 13 *D* dargestellte Kern keine durch die genannte Methode sichtbar zu machenden Inhaltskörper einschließt. Daß nun aber auch die beiden letztgenannten Kerne keineswegs völlig inhaltsleer sind, läßt sich mit Hilfe anderer Tinktionsmittel, z. B. durch intensive Färbung mit Hämalaun oder Carmalaun nachweisen (cf. ZIMMERMANN X).

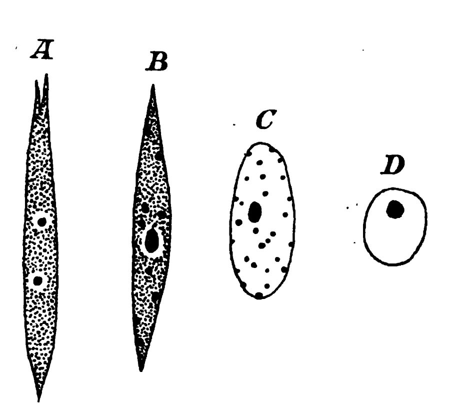


Fig. 13. *A* Kern aus dem Gefäßbündelparenchym von *Hyacinthus orientalis*; *B* Idem aus einer alten Wurzelhaubenzelle von *Vicia Faba*; *C* Idem aus dem Stengelparenchym von *Cucurbita Pepo*; *D* Idem aus dem Mesophyll von *Calla aethiopica*. Fixierung: Essigsäure + Quecksilberchlorid; Färbung: Fuchsin + Jodgrün. Vergr. 1000.

Erwähnen will ich schließlich noch, daß derartige große Chromatinkugeln, wie die in Fig. 13 *B* und *C* dargestellten, bereits von verschiedenen Autoren sowohl an pflanzlichen, als auch an tierischen Objekten beobachtet wurden. Von AUERBACH (I, 739) wurden dieselben auf Grund ihres tinktionellen Verhaltens als „cyanophile Nukleolen", von ROSEN (I) als „Pseudonukleolen" bezeichnet. Da sie aber, wie schon ROSEN nachgewiesen hat, bei der Karyokinese in die Chromosomen übergehen, so kann kein Zweifel darüber bestehen, daß sie zu dem chromatischen Kerngerüst gehören.

Von ZACHARIAS (XIV, 221) wurden die Chromatinkugeln von *Cucurbita Pepo* näher untersucht und sind danach sehr nucleïnreich. Die größeren Chromatinkugeln größerer Kerne schienen ZACHARIAS „zum Teil durch Fortsätze in das Gerüst überzugehen".

B. Das Kernkörperchen (Nucleolus).

In den Kernen zahlreicher Pflanzenzellen sind schon vor der Abtötung derselben die Kernkörperchen oder Nukleolen als stark lichtbrechende Körper mit Leichtigkeit zu beobachten. In anderen Fällen kann man dieselben mit Hilfe geeigneter Fixierungs- und Tinktionsmethoden sichtbar machen, und zwar sind zu diesem Zwecke namentlich die rotblauen Farbstoffgemische, die auch im allgemeinen eine sichere Unterscheidung zwischen Nukleolen und Chromatinkugeln ermöglichen, mit Vorteil zu verwenden. Wie bereits hervorgehoben wurde, werden die Nukleolen durch diese Farbstoffgemische fast ausnahmslos intensiv rot gefärbt.

Mit Hilfe dieser Methoden läßt sich nun relativ leicht der Nachweis führen, daß in den ruhenden Kernen der höheren Gewächse fast ausnahmslos echte Nukleolen vorhanden sind. Nur in manchen männlichen Sexualkernen ist der Nachweis derselben mit Schwierigkeiten verknüpft, und es ist auch, wie im speciellen Teile noch näher erörtert werden soll, nicht unwahrscheinlich, daß bei diesen in gewissen Stadien Nukleolen gänzlich fehlen.

Bezüglich der niederen Gewächse sei an dieser Stelle unter Verweisung auf den speciellen Teil nur kurz hervorgehoben, daß bei ihnen Nukleolen ebenfalls zum mindesten sehr verbreitet sind.

Die Anzahl der in jedem Kerne enthaltenen Nukleolen ist meist eine geringe und beträgt in der Regel 1—3; in manchen Fällen kann sie aber auch eine beträchtliche Größe erreichen. So enthalten z. B. die Kerne des Embryosackbelages von *Lilium Martagon* 20—30 Nukleolen, von denen allerdings auf dem in Fig. 12 abgebildeten optischen Schnitte nur ein Teil zur Darstellung gelangen konnte.

Die Gestalt der Nukleolen ist im allgemeinen eine mehr oder weniger genau kugelförmige oder ellipsoidische. Doch sind auch ziemlich unregelmäßig gestaltete Nukleolen nicht selten zu finden, so stellt z. B. Fig. 14 drei Kerne aus der Epidermis einer Wurzelspitze von *Vicia Faba* dar. Für den in Fig. 14 *B* abgebildeten Nucleolus ist es wohl nicht unwahrscheinlich, daß er ein Teilungsstadium darstellt.

Ein sehr eigenartiges Verhalten zeigen ferner die älteren Kerne der *Characeen*, bei denen die Nukleolarsubstanz, wie Fig. 15 erkennen läßt, in sehr zahlreiche verschiedenartig gestaltete Stücke zerfallen ist.

Bandförmige, verschiedenartig gewundene Nukleolen beobachtete ferner SCHOTTLÄNDER (I) in den ausgewachsenen, vegetativen Zellen der Prothallien von *Gymnogramme*.

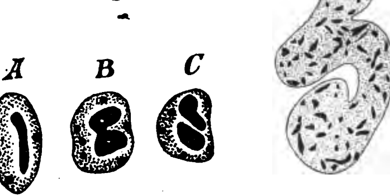


Fig. 14. Fig. 15.

Fig. 14. Kerne aus der Wurzelepidermis von *Vicia Faba*. Fixierung: Essigsäure + Quecksilberchlorid; Färbung: Fuchsin + Jodgrün. Nach ZIMMERMANN X. Vergr. 1000.

Fig. 15. *Chara* spec. Kern aus einer älteren Blattzelle. Fixierung: Essigsäure + Quecksilberchlorid; Färbung: Fuchsin + Jodgrün. Vergr. 500.

Sind mehrere Nukleolen vorhanden, so können dieselben häufig eine sehr verschiedene Größe besitzen. Von FLEMMING (I, 146) wurde in derartigen

Fällen zwischen Haupt- und Nebennukleolen unterschieden. Da aber bereits von dem genannten Autor darauf hingewiesen wird, daß zwischen den Haupt- und Nebennukleolen häufig chemische und tinktionelle Verschiedenheiten bestehen, so scheint es mir nicht unwahrscheinlich, daß die Nebennukleolen in manchen Fällen eher als Chromatinkugeln zu bezeichnen wären.

Amöboide Bewegungen der Nukleolen scheinen bisher nur in tierischen Zellen beobachtet zu sein und zwar von A. BRANDT (I) und EIMER (I) in den Eizellen von *Blatta* und *Silurus*.

Mit dem Chromatingerüst scheinen die Nukleolen innerhalb der ruhenden Kerne in keinem Falle in direkter Verbindung zu stehen. Wie neuerdings namentlich von ROSEN (I, 3, u. III) für pflanzliche Kerne betont wurde, sind sie den größeren Chromatinkugeln gegenüber im allgemeinen sogar dadurch charakterisiert, daß sie von einem körnchenfreien, bei den gewöhnlichen Färbungen farblos bleibenden „Hofe" umgeben sind. Da diese Höfe (cf. Fig. 14 u. a.) bei den verschiedensten Objekten und bei der mannigfaltigsten Präparation zu beobachten sind, so scheint es mir nicht wahrscheinlich, daß dieselben als Kunstprodukte, speciell, wie FLEMMING (I, 152) früher annahm, als Schrumpfungserscheinungen zu deuten sein sollten. Immerhin wäre wohl eine specielle Untersuchung am lebenden Material erwünscht. Bei derselben wäre zu beachten, daß, wie schon von FLEMMING hervorgehoben wurde, in den lebenden Zellen durch den rein optischen Effekt der stark lichtbrechenden Nukleolen Bilder erzeugt werden können, die vollständig das Aussehen von Höfen oder Membranen besitzen.

Ueber die Struktur der Nukleolen ist zu erwähnen, daß dieselben auch bei Anwendung der stärksten Vergrößerungen sowohl in lebenden, wie auch in fixierten und tingierten Zellen vollständig homogen erscheinen. Als die alleinigen mit Sicherheit nachgewiesenen Einschlüsse derselben können Vakuolen angeführt werden. Dieselben waren schon von FLEMMING (I, 151), BÜTSCHLI (III, 740) u. a. gelegentlich beobachtet worden. Speciell für die Pflanzenzellen wurde aber die größere Verbreitung derselben namentlich von ROSEN (I) hervorgehoben. Nach den Untersuchungen von SCHOTTLÄNDER (I, 31) sind namentlich in den weiblichen Sexualkernen bei verschiedenen Gewächsen sehr zahlreiche Vakuolen innerhalb der Nukleolen zu beobachten. Uebrigens sind dieselben auch in rein vegetativen Kernen nicht selten zu finden. So enthält z. B. der in Fig. 16 dargestellte Kern aus einem Gefäßglied einer *Hyacinthus*-Wurzel namentlich in dem größeren der beiden Nukleolen sehr zahlreiche Vakuolen.



Fig. 16. *Hyacinthus orientalis*, Kern aus einem Gefäßglied der Wurzelspitze. Fixierung: Essigsäure + Osmiumsäure + Pikrinsäure + Platinchlorid. Vergr. 1000.

Geschieht die Beobachtung dieser Vakuolen, wie dies wohl bisher ausschließlich der Fall war, an fixiertem Material, so ist natürlich die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß dieselben erst bei der Präparation entstanden sind. Bei der großen Konstanz, mit der die Vakuolen in zahlreichen Fällen zu beobachten sind, erscheint mir nun aber die Präexistenz der Nucleolus-Vakuolen für die meisten Objekte sehr wahrscheinlich. Allerdings soll auch auf der anderen Seite keineswegs bestritten werden, daß dieselben auch in manchen Fällen Kunstprodukte darstellen könnten.

Diese Vakuolen sind bei dem gewöhnlichen Einschluß in Kanada-

balsam häufig ganz oder teilsweise mit Luft erfüllt oder stellen luftleere Räume dar. Sie erscheinen dann bei höherer Einstellung schwarz, bei niederer etwas rötlich, und es dürften wohl die namentlich in der die Kerne mehr beiläufig behandelnden Litteratur vorliegenden Angaben über stark lichtbrechende Einschlüsse der Nukleolen zum Teil auf derartige Bilder zurückzuführen sein.

Wie diese Lufträume entstehen, vermag ich nicht mit Bestimmtheit anzugeben, doch ist es mir sehr wahrscheinlich, daß dieselben auf die schwere Permeabilität und große Zähigkeit der Nukleolarsubstanz zurückzuführen sind. Ich beobachtete nämlich Einschlüsse von dem genau gleichen Aussehen bei Wurzelspitzen von *Hyacinthus* in den in der Wurzelhaube enthaltenen Stärkekörnern, als ich Mikrotomschnitte von den betreffenden Wurzelspitzen in der gewöhnlichen Weise in Kanadabalsam einbettete. Bei den gleichen Schnitten konnte ich auch in den Nukleolen zahlreiche nicht vom Kanadabalsam durchtränkte Vakuolen beobachten, wenn ich die Schnitte direkt nach dem Auflösen des Paraffins in Xylol-Kanadabalsam einschloß. Auch als ich die Schnitte vorher 24 Stunden in Xylol hatte liegen lassen, waren die Luftblasen in den Vakuolen noch nicht verschwunden. Dahingegen waren die Nukleolen ganz von Flüssigkeit durchtränkt, als ich die Schnitte aus dem Xylol zunächst in Alkohol übertrug, in diesem 24 Stunden beließ und dann sofort unter ein Gemisch von 3 Teilen Xylol und 1 Teil Alkohol und darauf unter reines Xylol tauchte und dann in Xylol-Kanadabalsam einschloß.

Als Vakuolen sind denn auch unzweifelhaft die von Mann (I) unter der Bezeichnung „Endonukleolen“ beschriebenen Körper aufzufassen. Dieselben sollen in den weiblichen Sexualzellen von *Myosurus* häufig eine sehr regelmäßige Anordnung zeigen. Speciell beobachtete Mann, daß die Peripherie des Nucleolus häufig von einer großen Anzahl kleiner Vakuolen eingenommen wird und daß ferner eine große centrale Vakuole ebenfalls von einer Schicht kleiner Vakuolen umgeben war. In anderen Nukleolen beobachtete er aber auch eine mehr unregelmäßige Anordnung der Vakuolen. Außerdem soll übrigens der Nucleolus nach Mann von einer porösen Membran umgeben und von radial verlaufenden Fasern, die sich in die übrige Kernmasse fortsetzen, durchzogen sein. Diese Fasern sollen durch Hämatoxylin nicht färbbar und nur infolge ihres geringeren Brechungsindex sichtbar sein. Da ich die gleiche Pflanze bisher nicht untersuchen konnte, bemerke ich zu diesen Angaben nur, daß ich ähnliche Strukturen bisher in keinem einzigen Falle beobachten konnte.

Ob auch die von Macfarlane (I) als „Nucleolonuclei“ bezeichneten Einschlüsse des Nucleolus als Vakuolen aufzufassen sind, vermag ich nach dem mir bisher allein zugänglichen Referat nicht zu beurteilen. Bemerkenswert ist aber, daß die Teilung des Kernes stets durch eine Teilung des Nucleolonucleus eingeleitet werden soll.

Zu erwähnen ist an dieser Stelle schließlich noch eine neuere Angabe von Lavdowsky (I), nach der die Nukleolen in den ruhenden Kernen und zwar in den Vakuolen kleine Körper (Nucleoli) enthalten sollen, die bei der Kernteilung durch Auflösung der übrigen Masse des Nucleolus frei werden und dann die Centrosomen darstellen sollen. Der genannte Autor hat bei seinen Untersuchungen speciell auch die Wurzelspitzen von *Vicia Faba* untersucht. Trotz vielfacher Bemühungen ist es mir aber bei diesem Objekte ebensowenig wie Rosen (III, 273) gelungen, derartige Körper zu beobachten.

Als unwahrscheinlich kann es nach den zur Zeit vorliegenden Untersuchungen angesehen werden, daß die Nukleolen allgemein, abgesehen von den Vakuolen, eine mit unseren jetzigen optischen Hilfsmitteln nachweisbare feinere Struktur besitzen sollten. Allerdings fehlt es in der Litteratur auch nicht an gegenteiligen Angaben. Bezüglich der Pflanzenzellen haben sich speciell Schmitz (III, 175) und Krasser (I) für eine feinere Struktur des Nucleolus ausgesprochen. Nach Schmitz ist in den Nukleolen zuweilen eine Punktierung oder

auch eine deutliche netzförmige Zeichnung zu beobachten. Da der genannte Autor aber keine Pflanzen anführt, bei denen er diese Beobachtungen gemacht hat, so ist eine Nachuntersuchung nicht möglich.

Eine Prüfung der übrigens ziemlich unbestimmt gehaltenen Angaben von KRASSER ergab mir, wie ich (VIII, 339) schon früher mitgeteilt habe, keine Anhaltspunkte für die von diesem Autor vertretene Ansicht. Speciell erschienen mir in den Kernen der Epidermis der Zwiebelschalen von *Allium cepa*, welche nach KRASSER die körnige Struktur mit am besten zeigen sollen, die relativ großen Nukleolen bei scharfer Einstellung auch bei Anwendung der stärksten Vergrößerungen vollkommen homogen.

Auch bei den zahlreichen, nach den verschiedenartigsten Methoden fixierten und tingierten Präparaten, die ich in den letzten Jahren zu beobachten Gelegenheit hatte, konnte ich in den Nukleolen, abgesehen von den Vakuolen, keine weiteren Strukturelemente entdecken. Eine Ausnahme hiervon machten nur die Kerne aus der Spitze einer älteren *Hyacinthen*-Wurzel. Dieselben waren mit 0.2-proz. Platinchloridlösung fixiert und nach der LÖWIT'schen Methode (vergl. S. 32) mit Safranin gefärbt. Bei diesen Schnitten zeigte der Nucleolus ganz deutlich eine grobkörnige Struktur; in einzelnen Kernen waren auch kurze Fadenstücke innerhalb der Nukleolen sichtbar. Es erscheint mir übrigens sehr wahrscheinlich, daß es sich in diesen Fällen einfach um ein Kunstprodukt handelte.

Erwähnen will ich schließlich noch, daß die Nukleolen mancher *Dinoflagellaten* nach BÜTSCHLI (III, 977) einen feinnetzförmigen Bau besitzen sollen. Uebrigens handelt es sich hier jedenfalls nicht um eine allgemeiner verbreitete Erscheinung.

C. Die Kernmembran.

Die Abgrenzung des Kernes gegen das umgebende Cytoplasma hin scheint nach den vorliegenden Untersuchungen bei den verschiedenen Organismen in sehr verschiedener Weise bewerkstelligt zu werden. So erwähnt O. HERTWIG (I, 37) Versuche mit *Amphibien*-Eiern, nach denen die Kernmembran bei diesen eine relativ große Widerstandsfähigkeit besitzen muß. Es gelang nämlich dem genannten Autor, die Kerne unversehrt aus den Eiern herauszupräparieren und an denselben die Kernmembran mit der Nadel zu zerreißen. Den Samenmutterzellen der *Nematoden* soll dagegen nach den Beobachtungen des gleichen Autors auf einem bestimmten Stadium eine eigene Kernmembran gänzlich fehlen.

Ein verschiedenartiges Verhalten nimmt auch FLEMMING (I, 165) an, der zwischen achromatischer Kernmembran und chromatischer Wandschicht unterscheidet. Bezüglich der ersteren, die durch gewöhnliche Kernfärbemittel nicht gefärbt wird, läßt er es unentschieden, ob sie stofflich zum Cytoplasma oder zum Zellkern zu stellen ist, während die chromatische Wandschicht substantiell mit dem Kerngerüst übereinstimmt und durch flächenhafte Ausbreitung der Elemente desselben entstehen soll. In der chromatischen Wandschicht konnte denn auch FLEMMING bei verschiedenen Objekten Unterbrechungen beobachten, während er sich bei der achromatischen Kernmembran nicht von dem Vorhandensein von Poren oder dergl. überzeugen konnte.

Zu ähnlichen Resultaten gelangte ferner auch AUERBACH (I, 739), der allgemein zwei Kernmembranen unterscheidet, eine äußere, vom Cytoplasma herstammende, „cytogene“ und eine innere, „karyogene“, die von der Kernsubstanz gebildet wird. Die letztere soll cyanophil

sein. Uebrigens fand der genannte Autor an manchen Kernen bald nur die eine, bald auch keine von beiden deutlich ausgebildet.

Von METZNER (I, 317) wird dagegen das Vorkommen einer Kernmembran gänzlich in Abrede gestellt.

Von den speciell an pflanzlichen Kernen angestellten Untersuchungen erwähne ich nun in erster Linie eine Beobachtung von GUIGNARD (VI, 316), die unzweifelhaft für das Vorhandensein einer geschlossenen Kernmembran spricht. Der genannte Autor konnte sich nämlich bei einem Kerne des Embryosackes von *Lilium candidum*, bei dem infolge der Reagentienwirkung die Kernmembran zum Teil vom Cytoplasma abgehoben und nach beiden Seiten hin freigelegt war, auf das bestimmteste davon überzeugen, daß irgend welche Unterbrechungen n der Kernmembran nicht vorhanden sind.

Unter Anwendung der rotblauen Farbstoffgemische fand ferner SCHOTTLÄNDER (I, 30) bei verschiedenen Kernen eine geschlossene erythrophile Kernmembran, während eine solche bei anderen Pflanzen gänzlich fehlen soll. Nach ROSEN (III, 244) soll die Kernmembran mit dem Alter der Kerne deutlicher werden.

Erwähnen will ich schließlich noch, daß nach SCHWARZ (I) die Kernmembran aus einer besonderen chemischen Substanz bestehen soll. Die angeführten Reaktionen scheinen mir aber zum Nachweis dieser Annahme nicht geeignet.

D. Der Kernsaft.

Daß in dem nach Abzug der 3 im Obigen beschriebenen Bestandteile des Kernes übrig bleibenden Kernsaft noch verschiedenartige organische Stoffe enthalten sind, kann daraus mit großer Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, daß derselbe durch manche Tinktionsmittel ebenfalls gefärbt wird und daß durch gewisse Reagentien verschiedenartige Fällungen in demselben erzeugt werden.

HEIDENHAIN (I) suchte sogar neuerdings das allgemeine Vorkommen bestimmter, gleichartiger Differenzierungen im Kernsaft nachzuweisen. Dieselben sollen nach der Fixierung durch Sublimat und entsprechender Färbung mit dem EHRLICH-BIONDI'schen Farbstoffgemisch eine intensiv rote Färbung zeigen. Der genannte Autor bezeichnet die Substanz dieser Kugeln als Lanthanin (von λανθάνω ich bin verborgen). Es scheint mir übrigens noch nicht mit voller Sicherheit erwiesen, ob es sich hier nicht einfach um Kunstprodukte handelt. Auch bemerke ich, daß mir bei verschiedenen pflanzlichen Objekten trotz genauer Einhaltung der von HEIDENHAIN gegebenen Vorschriften die Differenzierung des sogenannten Lanthaningerüstes nicht gelungen ist.

F. REINKE (I, 401) konnte ferner mit Lysol, das das Chromatin relativ schnell lösen soll, eine körnige Struktur im Kern sichtbar machen, deren Substanz infolge ihrer starken Quellbarkeit als Oedematin (von οἴδημα das Gequollene) bezeichnet wird und mit dem Paralinin von SCHWARZ verwandt sein soll. An Pflanzenzellen scheinen die Methoden von REINKE bisher nicht erprobt zu sein, und es fehlt auch für tierische Zellen der exakte Nachweis, daß es sich bei dem Oedematin nicht einfach um ein Fällungsprodukt handelt.

E. Proteïnkrystalloide.

Proteïnkrystalloide wurden zuerst von RADLKOFER (I) in den Zellkernen von *Lathraea squamaria* beobachtet; sie besitzen nach den neueren Untersuchungen eine ziemliche Verbreitung und sind namentlich bei einigen Familien fast ausnahmslos in den Kernen gewisser Gewebe anzutreffen. Uebrigens wird von CARNOY (I, 247) auch für einige tierische Objekte das Vorkommen von krystallisirten Proteïnstoffen innerhalb der Kerne angegeben.

Die Gestalt der in den Zellkernen vorkommenden Krystalloide ist nun bei den verschiedenen Pflanzen eine sehr verschiedene, und es kommen alle Uebergänge zwischen wohl ausgebildeten Krystallen (Fig. 17 *A*—*C*) und mehr oder weniger vollkommen kugelförmigen Körpern (Fig. 17 *H*, *J*) vor. Unter den ersteren findet man namentlich häufig rhomboëderähnliche Gestalten, daneben aber auch nicht selten mehr prismen- oder nadelförmige Körper (Fig. 17 *E*). Welchem Krystallsystem dieselben angehören, ist bisher noch nicht festgestellt. Von SCHIMPER (I, 143), nach dessen Untersuchungen die in den Proteïnkörnern der Samen enthaltenen Krystalloide teils dem regulären, teils dem hexagonalen Krystallsystem angehören, wurde nur als wahrscheinlich hingestellt, daß die Krystalloide von *Lathraea* zu dem rhombischen System zu stellen wären.

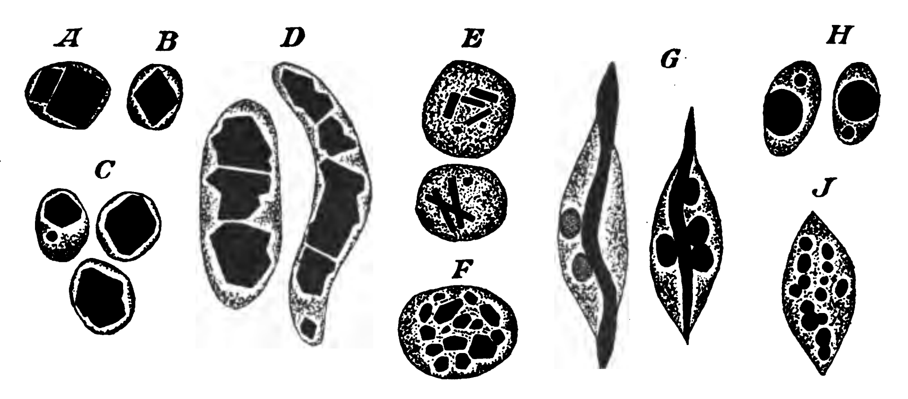


Fig. 17. Zellkerne mit Proteïnkrystalloiden. *A* aus dem Schwammparenchym von *Melampyrum arvense*; *B* aus der Fruchtknotenwand von *Russelia juncea*; *C* aus dem Pallisadenparenchym von *Candollea adnata*; *D* aus der Fruchtknotenwandung von *Alectorolophus major*; *E* aus der Epidermis von *Polypodium caespitosum*; *F* aus der Fruchtknotenwandung von *Melampyrum praetense*; *G* aus der Epidermis der Fruchtknotenwandung von *Campanula trachelium*; *H* aus der Blattepidermis von *Lophospermum scandens*; *J* aus dem Schwammparenchym von *Adiantum macrophyllum*. Die Krystalloide sind überall schwarz, die Nukleolen, wo sie sichtbar sind, schraffiert. Nach ZIMMERMANN II u. I.

In manchen Fällen zeigen ferner die Krystalloide unregelmäßige Krümmungen (Fig. 17 *G*). Auch können die scharfen Kanten verschiedentlich abgerundet sein, bis mehr oder weniger kugelförmige Körper entstehen (Fig 17 *H*, *J*).

Namentlich bei den letzteren kann natürlich nur mit Hilfe von Reaktionen die Zugehörigkeit zu den Proteïnkrystalloiden nachgewiesen werden, und zwar kam es namentlich darauf an, ein sicheres Unter-

scheidungsmerkmal zwischen diesen Körpern und den Nukleolen zu finden. Auf Grund eingehender Untersuchungen kann Verf. (VI) zu diesem Zwecke namentlich Säurefuchsin und eine Doppelfärbung mit Hämatoxylin und Säurefuchsin empfehlen.

Beide Färbungen gelingen am besten bei Material, das mit konzentrierter alkoholischer Sublimatlösung fixiert ist. Soll dieses mit Säurefuchsin allein gefärbt werden, so kommen die gut ausgewaschenen Schnitte zunächst in eine 0.2-proz. Lösung von Säurefuchsin (oder Fuchsin s) in destilliertem Wasser, der man, um sie haltbarer zu machen, etwas Kampfer zusetzen kann. In dieser Lösung verweilen die Schnitte mindestens mehrere Stunden, am besten 24 Stunden oder auch beliebig länger. Darauf werden sie möglichst schnell in fließendem Wasser ausgewaschen, und zwar ist die hierfür erforderliche Zeit für die verschiedenen Objekte eine sehr verschiedene und schwankt zwischen wenigen Minuten und mehreren Stunden. Sie läßt sich aber leicht durch einige Versuche feststellen. Nach dem Auswaschen werden die Präparate dann in der gewöhnlichen Weise in Kanadabalsam übertragen. Diese Methode liefert sowohl bei Mikrotom-, als auch bei Freihandschnitten eine sehr gute Färbung der Zellkernkrystalloide. Dieselben sind, wenn die Zeit des Auswaschens einigermaßen richtig getroffen ist, noch intensiv gefärbt, wenn das Kerngerüst und auch die Nukleolen schon vollständig ausgewaschen sind.

Die Doppelfärbung mit Hämatoxylin und Säurefuchsin führt man zweckmäßig in der Weise aus, daß man die betreffenden Objekte vor dem Einbetten in Paraffin mit DELAFIELD'schem Hämatoxylin durchfärbt und erst die aus denselben angefertigten Mikrotomschnitte in der oben beschriebenen Weise mit Säurefuchsin nachfärbt. Es erscheinen dann an gut gelungenen Präparaten Kerngerüst und Nukleolen violett, die Krystalloide aber rot. Man kann übrigens auch erst an den Mikrotomschnitten die Vorfärbung mit Hämatoxylin vornehmen. Ausdrücklich hervorheben will ich aber, daß zu diesen Färbungen der P. MAYER'sche Hämalaun (cf. p. 7) nicht geeignet ist, da er bei der Fixierung mit Sublimat nur das Kerngerüst färbt.

Einige weitere Beobachtungen über das tinktionelle Verhalten der Krystalloide hat Verf. (VI) früher ausführlich beschrieben. HUIE (I) benutzt zum Färben der Krystalloide ein Gemisch von Methylenblau und Eosin, zum Differenzieren verdünnte alkoholische Natronlösung.

Bezüglich der mikrochemischen Reaktionen der Zellkernkrystalloide erwähne ich, daß schon von RADLKOFER (I) gezeigt wurde, daß die Krystalloide von *Lathraea* die bekannten Proteïnreaktionen zeigen. Dasselbe wurde von verschiedenen Autoren auch für die Krystalloide anderer Pflanzen angegeben. Von STOCK (I) wurde neuerdings auch das Verhalten der Zellkernkrystalloide gegen Verdauungsfermente untersucht. Nach den Untersuchungen dieses Autors verschwinden die Zellkernkrystalloide in angesäuerter Pepsinlösung nach kurzer Zeit durch Abschmelzen von der Peripherie her. Auch die mit Soda versetzte Pankreatinlösung verursachte ein rasches Verschwinden der Proteïnkrystalloide, während Sodalösung oder Pankreatin ohne Soda dieselben entweder ganz unverändert ließen oder eine mehr oder weniger starke Verquellung derselben bewirkten.

In reinem Wasser scheinen die Zellkernkrystalloide stets unlöslich zu sein. Wenn beim Absterben der Zellen in Wasser eine Lösung der Krystalloide eintritt, so ist dies vielleicht dem Säuregehalt der betreffenden Zellen zuzuschreiben. Wenigstens beobachtete LEITGEB (I), daß die Zellkernkrystalloide von *Pinguicula* nach der Tötung der Zellen ungelöst blieben, wenn er die abgezogene Epidermis zuvor einige Tage lang in der feuchten Kammer gehalten hatte, in der die Zellen vollständig lebensfähig blieben, ihren Säuregehalt aber verloren.

Ein auffallendes Verhalten zeigen nach den Beobachtungen von HEINRICHER (II) die Proteïnkrystalloide von *Lathraea squamaria*, insofern sie in Alkoholmaterial ganz verschwunden sein sollen, während diejenigen von *Lathraea clandestina* in Alkohol gut erhalten bleiben.

Daß die Zellkernkrystalloide bei den höheren Pflanzen eine ziemliche Verbreitung besitzen, dürfte aus der folgenden Zusammenstellung, in der ich mich auf eine Anführung der Pflanzen und der betreffenden Litteraturangaben beschränkt habe, zur Genüge hervor-

gehen. Soweit mir bekannt geworden, wurden Zellkernkrystalloide bei folgenden Gewächsen beobachtet:

Lineae, *Linum austriacum* (ZIMMERMANN III, 126).
Halorageen, *Hippuris vulgaris* (ZIMMERMANN III, 126).
Candolleaceae, *Candollea adnata* (RAUNKJÄR I).
Campanulaceae, *Campanula* und *Phyteuma* spec. (VOGL I, SCHENK I, 24 Anm., ZIMMERMANN II, 71 und III, 127).
Ericaceae, *Pyrola* spec. (RAUNKJÄR II).
Oleaceae, *Fraxinus* (SCHAAR I); bei 8 von 9 untersuchten Arten (ZIMMERMANN III, 128).
Gentianeae, *Menyanthus* und *Limnanthemum* (ZIMMERMANN III, 129).
Convolvulaceae, *Convolvulus* spec. (BORZÌ II).
Scrophulariaceae, *Lathraea* (RADLKOFER I); bei 21 von 25 untersuchten Arten (ZIMMERMANN III, 130).
Lentibulariaceae, *Pinguicula* (RUSSOW I); *Utricularia* (KLEIN I).
Gesneraceae, *Aeschynanthus* (RAUNKJÄR I); *Gloxinia* (ZIMMERMANN III, 136).
Bignoniaceae, *Bignonia*, *Catalpa*, *Tecoma* (ZIMMERMANN III, 137).
Verbenaceae, *Clerodendron*, *Verbena* (ZIMMERMANN III, 137).
Phytolaccaceae, *Ledenbergia*, *Rivina* (ZIMMERMANN III, 137).
Urticaceae, *Urtica* (KALLEN I).
Liliaceae, *Galtonia* (LEITGEB I); *Scilla* (HUIE I).
Pteridophyten, 16 Arten der *Polypodiaceen*, ferner *Ceratopteris* und *Aneimia* (ZIMMERMANN II).

Die Entstehung der Proteïnkrystalloide scheint nach den vorliegenden Untersuchungen eine verschiedenartige zu sein. Für *Polypodium irreoides* habe ich (II, 66) zunächst einige Beobachtungen mitgeteilt, nach denen es sehr wahrscheinlich ist, daß der Bildung der Proteïnkrystalloide das Auftreten von kleinen kugelförmigen Körpern (Eiweißvakuolen?), die sich später zu größeren vereinigen, vorausgeht. BORZÌ (II) giebt ferner für die von ihm untersuchten *Convolvulus* spec. an, daß sich bei ihnen die Krystalloide im Innern von Eiweißvakuolen bilden. Im Gegensatz hierzu beobachtete G. STOCK (I) bei *Rivina* und *Syringa*, daß die Krystalloide gleich bei ihrer Entstehung in den jungen Organen krystallinische Form besitzen.

Bemerkenswert ist noch, daß bei den *Convolvulus* spec. nach den Untersuchungen von BORZÌ (II) mit der Ausbildung der Krystalloide die Kerne ganz verschwinden sollen. Das Gleiche findet nach BACCARINI (I u. II) auch bei verschiedenen *Leguminosen* statt, bei denen dieser Autor namentlich in Kelch und Blumenkrone Krystalloide beobachtete. Wie ich nun aber speciell bei der von BACCARINI am genauesten untersuchten *Genista aetnensis* nach der Fixierung mit alkoholischer Sublimatlösung an den mit Hämatoxylin und Säurefuchsin gefärbten Mikrotomschnitten beobachten konnte, sind bei dieser zur Zeit der Anthese in allen Zellen des Kelches und der Krone noch normale Zellkerne vorhanden. Im Kelch werden dieselben allerdings, wie Fig. 18 *A*

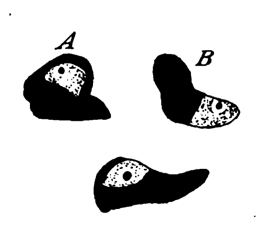


Fig. 18. Kerne aus dem Kelch von *Genista aetnensis* mit den anliegenden, ganz schwarz gezeichneten Proteïnmassen. Fixierung mit alkoholischer Sublimatlösung. Färbung mit Hämatoxylin und Säurefuchsin. Vergr. 1000.

zeigt, sehr häufig von einer mit den Krystalloiden in ihrem tinktionellen Verhalten übereinstimmenden Masse vollständig eingehüllt; meist ist diese Umschließung aber nur eine unvollkommene, oder es findet nur eine einseitige Berührung zwischen den Kernen und der Proteïnmasse statt (Fig. 18 *B*). Uebrigens entstehen die Krystalloide bei der genannten Art, wie an einem anderen Orte noch ausführlicher auseinandergesetzt werden soll, stets außerhalb des Kernes. Aus diesem Grunde wurden auch die *Leguminosen* in das obige Verzeichnis nicht mit aufgenommen.

Ueber die Funktion der Zellkernkrystalloide liegen Beobachtungen von Leitgeb (I) und Stock (I) vor; aus denselben folgt, daß die Krystalloide nicht einfach als nutzlose Sekrete betrachtet werden können, sondern zum Stoffwechsel der Pflanze in direkter Beziehung stehen. Leitgeb (I, 120) beobachtete zunächst eine ganz allmähliche Auflösung der Zellkernkrystalloide, als er Winterknospen von *Pinguicula* im Dunkeln auswachsen ließ. Ein vollständiges Verschwinden derselben trat ferner auch in den Perigonblättern von *Galtonia* ein, allerdings auch dann, wenn dieselben von der Blüte abgeschnitten waren. Nach den Beobachtungen von Stock findet in absterbenden Blättern und namentlich auch in den Knospenschuppen der *Oleaceen* stets vor dem Abfall eine Auflösung der Krystalloide statt. Ferner verschwanden die Krystalloide allmählich bei der Kultur in stickstoffarmen Lösungen, während sie bei nachheriger Stickstoffzufuhr aufs neue auftraten. In calciumarmen Lösungen wurde dagegen eine bedeutende Anhäufung der Krystalloide beobachtet.

Ferner sprechen die Beobachtungen von Stock auch dafür, daß zwischen den inner- und außerhalb der Zellkerne beobachteten Krystalloiden gewisse Beziehungen bestehen. Er beobachtete nämlich, daß bei *Rivina*, die normaler Weise nur in den Kernen Krystalloide führt, bei reicher Stickstoffnahrung auch außerhalb der Kerne Krystalloide auftreten. Unter den *Farnen* befinden sich ferner zahlreiche Arten, die in den Kernen, und andere, die außerhalb derselben Krystalloide führen; bei einigen kommen dieselben normal teils inner-, teils außerhalb der Kerne vor. Ebenso fand Heinricher (II) bei *Lathraea squamaria* in den Oberhautzellen der Blumenkrone neben Zellkernkrystalloiden solche, die außerhalb des Zellkernes lagen. Er beobachtete aber niemals beide Arten von Krystalloiden innerhalb einer und derselben Zelle.

Dafür, daß die Substanz der Krystalloide unter Umständen vom Cytoplasma aufgenommen werden kann, sprechen schließlich auch die im nächsten Abschnitte dieses Buches ausführlicher zu besprechenden Beobachtungen, nach denen die Krystalloide während der Karyokinese ins Cytoplasma ausgestoßen werden.

F. Anderweitige Bestandteile des Kernes.

1) Stärke. Von verschiedenen Autoren wurde angegeben, daß Stärkekörner innerhalb der Zellkerne vorkämen. So sollen dieselben nach W. Hofmeister (I, 671) in den Pollenmutterzellen von *Abies balsamea*, nach Frommann (I, 40) bei *Cereus*, nach Strasburger (VI, 48 u. 111) in der Eizelle von *Juniperus* und den Staubfädenhaaren von *Tradescantia* und nach Carnoy (I, 247) bei *Clivia* in den Zellkernen enthalten sein. Es ist nun aber höchst wahrscheinlich, daß alle diese Angaben auf unrichtigen Beobachtungen beruhen. Speciell

konnte ich bei Alkoholmaterial von *Cereus* und *Clivia*, sowie auch bei den zahlreichen anderen Objekten, die ich gelegentlich teils an Freihand-, teils an Mikrotomschnitten daraufhin untersucht habe, bei Benutzung ausreichender Vergrößerungen mit voller Sicherheit nachweisen, daß die durch Jodlösung oder Jodchloralhydrat nachweisbaren Stärkekörner stets außerhalb des Kernes lagen. Ebenso hält neuerdings auch A. MEYER (I, 160) auf Grund seiner ausgedehnten Untersuchungen an dem Satze fest, daß die Stärkekörner nur innerhalb von Chromatophoren entstehen.

2) Fett. Das Vorkommen von Fetttröpfchen innerhalb der Kerne wird von CARNOY (I, 247) außer für einige tierische Objekte auch für die Oogonien der Pilze angegeben. Da er aber die untersuchten Arten nicht mitteilt, ist es nicht möglich, diese Angaben einer Kontrolle zu unterwerfen. Ich bemerke aber, daß ZACHARIAS (XIV, 251) bei der Untersuchung zahlreicher, pflanzlicher Objekte, die im Cytoplasma große Mengen von Fetttröpfchen und dergl. enthalten, in keinem Falle das Vorhandensein von Fetttröpfchen innerhalb der Kerne nachweisen konnte.

Ein abweichendes Verhalten scheinen dagegen die Schwärmer der *Chytridiaceen* zu zeigen; in diesen finden sich stark lichtbrechende Körper, die schon von NOWAKOWSKI (I, 75) als Zellkerne gedeutet wurden. ZOPF (III, 184), der diese Körper ebenfalls für Zellkerne hält, giebt für dieselben direkt an, daß sie ihre starke Lichtbrechung ihrem hohen Fettgehalt verdanken.

3) Chlorophyll und andere gelöste Stoffe. Der Vollständigkeit halber erwähne ich schließlich noch die Angaben von G. A. WEISS (II, 103) und CARNOY (I, 247), nach denen in verschiedenen pflanzlichen Kernen Chlorophyll und andere Farbstoffe enthalten sein sollen. Es kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß diese Angaben auf Täuschungen beruhen. Wahrscheinlich sind dieselben in erster Linie durch ungeeignete Präparationsmethoden veranlaßt. Wenn ferner G. A. WEISS (II, 103) angiebt, daß die Zellkerne häufig Gerbstoffe enthielten, so handelt es sich wohl sicher um eine postmortale Speicherung dieser Stoffe. Nach den neueren Untersuchungen von BÜTTNER (I) sind die Kerne stets gerbstofffrei.

5. Die Kernteilung.

Eine Entstehung der Kerne durch Neubildung, durch direkte Differenzierung aus dem Cytoplasma, findet nach den zur Zeit vorliegenden Untersuchungen nicht statt. Wenigstens befinden sich in der botanischen Litteratur keine Beobachtungen, die eine solche Entstehungsweise der Kerne auch nur wahrscheinlich machten, während es mit Hilfe der modernen Präparationstechnik relativ leicht gelingt, in allen den Fällen, in denen man früher eine Entstehung der Kerne durch Neubildung annahm, den sicheren Nachweis zu liefern, daß es sich in Wirklichkeit um eine Teilung bereits vorhandener Kerne handelt, die in allen Teilungsstadien genau verfolgt werden konnten.

Man unterscheidet nun zur Zeit gewöhnlich zwei verschiedene Arten der Kernteilung, die Karyokinese, die auch als Kernsegmentierung, Mitose oder indirekte Kernteilung bezeichnet wird, und die direkte Kernteilunng, für die auch die Ausdrücke Fragmentierung und Amitose in Gebrauch sind. Bei der erstgenannten Teilungsart finden im Inneren des Kernes komplizierte Umlagerungen, namentlich die Bildung eines sich segmentierenden Kernfadens und einer aus zahlreichen Fasern bestehenden

Spindel statt, während es sich bei der direkten Kernteilung mehr um eine einfache Einschnürung handelt. Von den beiden Teilungsarten des Kernes ist nun bei den höheren Pflanzen die indirekte jedenfalls die verbreitetere. Sie findet sich bei diesen ausnahmslos, wenn auf die Kernteilung eine Zellteilung folgt, während die Fragmentation ausschließlich in älteren Zellen, die sich normalerweise nicht mehr teilen, vielleicht auch ihre Teilungsfähigkeit ganz eingebüßt haben, stattzufinden scheint.

Auch die niederen Gewächse scheinen sich in dieser Beziehung zum größten Teil ähnlich zu verhalten. Immerhin ist es doch auch nach den vorliegenden, zum Teil noch sehr lückenhaften Untersuchungen nicht ausgeschlossen, daß bei diesen Uebergänge zwischen Karyokinese und Fragmentation vorkommen. Wir werden die diesbezüglichen Beobachtungen im speciellen Teile dieses Buches noch näher zu besprechen haben. In diesem Teile sollen dagegen nur die Hauptmomente der verschiedenen Teilungsmodi zusammengestellt werden, und zwar wollen wir mit der Karyokinese als der unzweifelhaft am meisten verbreiteten und wichtigsten Teilungsart beginnen.

A. Die indirekte Kernteilung oder Karyokinese.

Bei der Karyokinese beobachtet man allgemein zwei durch ihr verschiedenes Verhalten gegen die gewöhnlichen Kernfärbemittel leicht voneinander zu unterscheidende Substanzen, die auch wohl auf Grund ihres Verhaltens gegen bestimmte Farbstoffe als chromatischer und achromatischer Teil der Kernteilungsfiguren unterschieden werden. Von diesen beiden Substanzen geht nun die erstere unzweifelhaft aus dem Kerngerüst hervor und bildet den stark tinktionsfähigen Kernfaden, der allgemein in eine bestimmte Anzahl von Segmenten, die Chromosomen, zerfällt. Die Entstehung der achromatischen Kernfigur ist dagegen, wie im folgenden noch näher zu erörtern ist, noch nicht mit voller Sicherheit festgestellt. Dieselbe besteht aus zahlreichen, zarten Fasern, die derartig angeordnet sind, daß sie zusammen die Form einer Spindel haben, und wird deshalb auch vielfach als Kernspindel bezeichnet.

Da die Substanzen der chromatischen und der achromatischen Kernfigur während des ganzen Verlaufes der Karyokinese streng voneinander geschieden bleiben, so scheint es mir zweckmäßig, die verschiedenen Metamorphosen, welche diese beiden Substanzen durchmachen, auch in besonderen Abschnitten zur Darstellung gelangen zu lassen. Im Anschluß an die achromatische Kernfigur sollen dann zunächst die erst in den letzten Jahren bekannt gewordenen Attraktionssphären oder Centrosomen, die zu den Spindelfasern unzweifelhaft in naher Beziehung stehen, besprochen werden. Eine gesonderte Besprechung bezüglich ihres Verhaltens während der Karyokinese erfordern sodann die Nukleolen, die Krystalloide und die Kernmembran. Schließlich sollen dann noch die während der Karyokinese im Cytoplasma sich abspielenden Erscheinungen und die im Aequator der karyokinetischen Figuren stattfindende Membranbildung, die zur Zellteilung führt, kurz geschildert werden.

Bevor ich aber zur Besprechung dieser einzelnen Teile übergehe, will ich zunächst noch besonders hervorheben, daß der Verlauf der

Karyokinese bei höheren Tieren und Pflanzen eine sehr weitgehende Uebereinstimmung zeigt, und zwar gilt dies nicht nur für die direkt wahrnehmbaren Gestaltsänderungen der einzelnen Kernbestandteile, sondern es scheint sich die Uebereinstimmung zwischen Tieren und Pflanzen in der gleichen Weise auch auf die stofflichen Veränderungen derselben zu erstrecken. Wenigstens spricht hierfür der Umstand, daß die gleichen Fixierungs- und Tinktionsmethoden bei den verschiedenartigsten tierischen und pflanzlichen Objekten zu in vielen Punkten völlig übereinstimmenden Resultaten führen.

a) Die chromatische Kernfigur.

Die Metamorphosen, welche die chromatische Kernfigur bei den meisten Pflanzen und Tieren während der Karyokinese durchläuft, lassen sich in gewisse Phasen einteilen, für welche die von FLEMMING eingeführte Nomenklatur wohl am meisten verbreitet und auch am zweckmäßigsten sein dürfte. Nach dieser haben wir folgende 5 Phasen zu unterscheiden, die zunächst an der Hand der beigefügten, nach den Zeichnungen von GUIGNARD zum Teil etwas schematisierten Figuren kurz charakterisiert werden sollen.

1) Die Knäuelform (Spirem, Fig. 19). Aus dem Kerngerüst des ruhenden Kernes bildet sich der knäuelartig im Kernraum hin und her gewundene Kernfaden, der sich allmählich unter gleichzeitiger Dickenzunahme immer mehr verkürzt und schließlich einen völlig glatten Umriß und gleichmäßige Dicke besitzt. Später zerfällt dieser Kernfaden in eine für jede Art bestimmte Anzahl von Segmenten, für die WALDEYER (I, 27) den Ausdruck Chromosomen eingeführt hat.

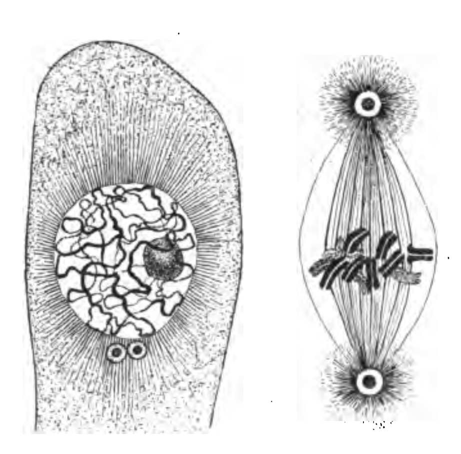


Fig. 19. Fig. 20.

Fig. 19. Embryosack von *Lilium Martagon.* Kern im Knäuelstadium. Nach GUIGNARD. Vergr. 650.

Fig. 20. Sternform aus dem Embryosack von *Lilium Martagon.* Nach GUIGNARD. Vergr. 650.

2) Die Sternform (ursprünglich als Aster, neuerdings als Astroid oder Monastroid bezeichnet, Fig. 20). Unter gleichzeitiger Verkürzung und Verdickung rücken die Chromosomen nach der späteren Teilungsebene des Kernes, die gewöhnlich als Aequatorialebene bezeichnet wird. Sie sind in diesem Stadium in den Pflanzenzellen meist stabförmig oder schwach gekrümmt, und während sich das eine Ende in der Aequatorialebene befindet, sind sie mit dem anderen zum größten Teil den beiden Polen der Kernteilungsfigur, d. h. den Endpunkten der auf der Aequatorialebene senkrecht stehenden Kernachse, mehr oder weniger zugeneigt.

Während dieser Umlagerungen haben ferner die Chromosomen ihren rundlichen Querschnitt immer mehr verloren und sind zunächst

bandartig verbreitert. Später beobachtet man an denselben eine farblose Längszone, die sich in der Mitte der Chromosomen hinzieht und als das erste Stadium der Längsspaltung derselben zu betrachten ist.

3) Metakinesis oder Aequatorialplatte (Fig. 21). Die Chromosomen zerfallen durch Längsspaltung in zwei Hälften, die als Tochterchromosomen bezeichnet werden sollen. Von denselben wandert dann je eine nach dem einen der beiden Pole, und es entstehen in dieser Weise die chromatischen Figuren der beiden Tochterkerne.

4) Die Tochtersternform (Dyaster oder Dyastroid, Fig. 22). Die nach den Polen zu auseinandergerückten Tochterchromosomen strahlen von diesen aus nach der Aequatorialebene zu.

5) Die Tochterknäuelform (Dispirem, Fig. 23). Die nach dem Aequator hinstrahlenden Enden der Chromosomenhälften werden eingezogen, gleichzeitig nehmen diese einen immer mehr geschlängelten Verlauf an, so daß schließlich in den Tochterkernen wieder ein ähnliches dichtes Fadenknäuel vorhanden ist, wie in der ersten Teilungsphase des Kernes.

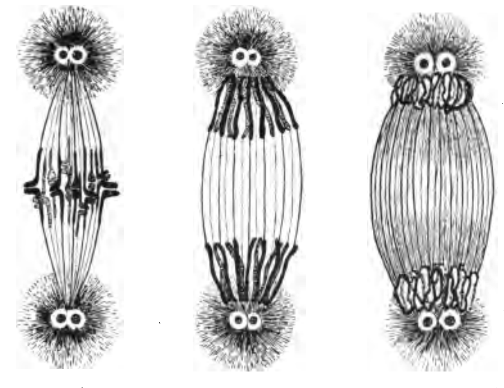


Fig. 21. Fig. 22. Fig. 23.

Fig. 21. Metakinese aus dem Embryosack von *Lilium Martagon.* Nach GUIGNARD. Vergr. 650.

Fig. 22. Tochterstern aus dem Embryosack von *Lilium Martagon.* Vergr. 650.

Fig. 23. Tochterknäuel aus dem Embryosack von *Lilium Martagon.* Nach GUIGNARD. Vergr. 650.

Indem dann schließlich das Fadenknäuel der Tochterkerne immer feiner und unregelmäßiger wird, gehen die Tochterkerne allmählich in den für die ruhenden Kerne charakteristischen Zustand über.

Wie von FLEMMING zuerst hervorgehoben wurde und auch aus der obigen Beschreibung ersichtlich ist, findet in den letzten Phasen der Karyokinese eine gewisse rückläufige Wiederholung der ersten Phasen statt. Zur Veranschaulichung dieser Thatsache kann das folgende von dem genannten Autor aufgestellte Schema der Karyokinese dienen:

1) Gerüst des ruhenden Kernes	7) Gerüst der ruhenden Tochterkerne
↓	↑
2) Knäuel (Spirem)	6) Knäuel (Dispirem)
3) Stern (Monastroid)	5) Stern (Dyastroid)

→ 4) Metakinese →

Bezüglich der Bezeichnung der verschiedenen Kernteilungsphasen erwähne ich schließlich noch die von STRASBURGER (IX, 250—260) eingeführte Nomenklatur, die ebenfalls in der Litteratur viel angewandt wird. Nach dieser werden die einleitenden Phasen der Kernteilung als Prophasen bezeichnet. Dieselben erreichen mit der Längsspaltung der Chromosomen ihr Ende, und es beginnen dann die Meta-

phasen, die bis zur vollendeten Trennung und Umlagerung der Chromosomen reichen. Den Schluß der Karyokinese bilden endlich die Anaphasen, die zur Fertigstellung der Tochterkerne führen.

Nachdem wir nun im Vorstehenden einen kurzen Ueberblick über die verschiedenen Metamorphosen der chromatischen Kernteilungsfigur gegeben haben, wollen wir nun einige zum Teil noch nicht definitiv erledigte Detailfragen etwas eingehender erörtern.

1) Die Orientierung der Chromosomen und das Polfeld. Von RABL (I, 224) wurde zuerst für tierische Zellen nachgewiesen, daß die Chromosomen in den späteren Stadien des Spirems gewöhnlich annähernd in der Mitte eingeknickt und derartig orientiert sind, daß die Schlingen nach einem von RABL als Polfeld (*P* Fig. 24 *A*) bezeichneten Punkte hin zusammenneigen, während in die dem Polfeld gegenüberliegende Seite des Kernes, die Gegenpolseite (*G* Fig. 24 *A*), die meisten freien Endigungen der Chromosomen fallen. Eine ähnliche Orientierung der Chromosomen wurde von STRASBURGER (VII, 60) auch bei verschiedenen pflanzlichen Kernen beobachtet und scheint bei diesen ebenfalls sehr verbreitet zu sein. Erwähnen will ich übrigens gleich noch an dieser Stelle, daß die später ausführlicher zu besprechenden Centrosomen stets in der unmittelbaren Nähe des Polfeldes zu liegen scheinen.

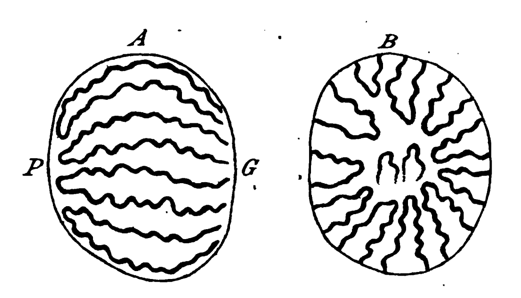


Fig. 24. Schema des Spirems nach RABL: *A* von der Seite gesehen, *P* Polfeld, *G* Gegenpolseite; *B* vom Polfeld aus gesehen, in der Mitte aus dem Inneren des Kernes auftauchende Chromosomen.

2) Die feinere Struktur der Chromosomen. Während BARANETZKY (I, 284) bereits 1880 angab, daß die Chromosomen in den Pollenmutterzellen von *Tradescantia* schon in dem lebenden Material eine spiralige Struktur erkennen lassen sollen, ist in der neueren Litteratur ausschließlich von einer granulären Struktur der Chromosomen die Rede, und zwar wird wohl von den meisten Autoren angenommen, daß dieselben aus einer weniger tinktionsfähigen Grundmasse (Linin), dem die stärker tinktionsfähigen Chromatinkugeln eingebettet sind, bestehen. Von PFITZNER (II), der zuerst das allgemeinere Vorkommen einer solchen Struktur nachzuweisen suchte, wurde auch bereits beobachtet, daß die stärker tinktionsfähigen Chromatinkugeln in den Chromosomen zuerst in einer Reihe angeordnet sind, aber schon vor der geringsten Andeutung einer Längsspaltung der Chromosomen zwei Reihen bilden.

Speciell für die Pflanzenzellen wurde eine ähnliche Struktur der Chromosomen auch von STRASBURGER (VII, 33) und GUIGNARD (II, 175 u. 183) angegeben und läßt sich hier auch in der That im Knäuelstadium bei sehr verschiedenen Objekten und Präparationsmethoden beobachten. So stellt Fig. 25 ein Knäuelstadium aus dem Embryosackwandbelag von *Lilium Martagon* dar. Bei demselben war

übrigens von einem regelmäßigen Abwechseln von Linin- und Chromatinscheiben, wie es STRASBURGER abbildet, nichts zu sehen, vielmehr schien es sich nur um perlschnurartig aneinander gereihte Chromatinkugeln zu handeln.

Sodann ist noch hervorzuheben, daß die Chromosomen, wie von GUIGNARD (II) angegeben wurde, in den späteren Stadien der Karyokinese, oft schon mit der Beendigung des Spirems, vollständig homogen erscheinen.



Fig. 25. Kern aus dem Embryosack-Wandbelag von *Lilium Martagon*, auf die Oberfläche eingestellt. Fixierung: Chromsäure + Platinchlorid; Färbung: Fuchsin + Jodgrün. Vergr. 1000.

Der Liningehalt des Kernfadens soll nach den Beobachtungen mancher Autoren namentlich bei der Segmentierung und bei der Längsspaltung desselben hervortreten. So beobachtete FARMER (III, 57) in den Antheren von *Lilium Martagon* nach der Färbung mit HEIDENHAIN's Hämatoxylin-Eisenalaun, daß zwischen den einzelnen Chromosomen Lininverbindungen vorhanden waren. Außerdem beobachtete der genannte Autor allerdings noch Fäden, die die Chromosomen mit der Kernwandung verbanden. Er nimmt für diese aber einen cytoplasmatischen Ursprung an, da sie in solchen Fällen, in denen sich die Kernwandung durch Kontraktion von dem umgebenden Cytoplasma abgehoben hatte, durch feine den Zwischenraum überbrückende Fäden mit dem Cytoplasma in Verbindung standen.

Bei *Fossombronia* beobachtete FARMER (II, 476) ferner, daß die Chromosomen in dem ersten Stadium der Längsspaltung noch durch ungefärbtes Linin zusammengehalten wurden.

Zu von dem Obigen sehr abweichenden Resultaten gelangte neuerdings METZNER (I), der nach Fixierung mit einer konzentrierten Lösung von Osmiumsäure in Kochsalzlösung bei den Chromosomen verschiedener tierischer Zellen während der gesamten Karyokinese eine bedeutend feinkörnigere Struktur beobachten konnte. Inwieweit es sich aber hierbei um präexistierende Strukturen handelt, und ob dieselben in gleicher Weise auch in Pflanzenzellen vorhanden sind, bleibt noch zu untersuchen.

3) Das tinktionelle Verhalten der Chromosomen. Das namentlich mit Hilfe von rotblauen Farbstoffgemischen geprüfte tinktionelle Verhalten der Chromosomen ist je nach der angewandten Tinktionsmethode ein völlig verschiedenes, und zwar stimmen dieselben bald mit dem Kerngerüst, bald mit dem Nucleolus überein und würden also bald als cyanophil, bald als erythrophil zu bezeichnen sein.

Daß die Chromosomen sich in ihrem tinktionellen Verhalten, speciell bei der Färbung mit Fuchsin und Jodgrün von dem Kerngerüst des ruhenden Kernes unterscheiden und ein mehr mit den Nukleolen übereinstimmendes Verhalten zeigen, wurde für verschiedene Endospermzellen zuerst von WENT (I) angegeben.

Ein entschieden erythrophiles Verhalten der Chromosomen wurde ferner für tierische Zellen von HERMANN (I) und FLEMMING (VII, 697) unter Anwendung von Safranin und Gentianaviolett (vergl. S. 7) nachgewiesen. Die Rotfärbung beginnt nach HERMANN in der Sternform und dauert bis zum Tochterstern. FLEMMING beobachtete die Rotfärbung des Kernfadens bereits am Ende des Spirems und noch am Anfang des Dispirems. Zu ähnlichen Resultaten gelangte ich (V, 182) unter Anwendung der gleichen Tinktionsmethode bei verschiedenen

pflanzlichen Objekten. Ausdrücklich hervorheben möchte ich aber noch, daß diese Methode in den ruhenden Kernen, wie die gewöhnlichen rotblauen Farbstoffgemische, die Nukleolen rot, das Kerngerüst aber violett färbt. Eine entschieden erythrophile Reaktion der Chromosomen beobachtete ich (VIII, 347) ferner bei den Wurzelspitzen von *Vicia Faba* nach der Fixirung mit Chromsäure + Platinchlorid und Färbung mit Fuchsin + Pikrinsäure und Nachfärbung mit Methylenblau.

Im Gegensatz hierzu wird nun aber von STRASBURGER (IV, 38), dessen Beobachtungen sich allerdings in den meisten Fällen nur auf den Gegensatz zwischen dem Kern als Ganzem und dem Cytoplasma beziehen, gerade die cyanophile Reaktion als typisch für das Chromatin der Kernteilungsfiguren hingestellt.

HEINE (I), der mit Rubin S und anderen Farbstoffen operierte, konnte dagegen keine Unterschiede zwischen dem Kerngerüst der ruhenden Kerne und den Chromosomen nachweisen. Zu im wesentlichen gleichartigen Resultaten gelangte ich (X) neuerdings bei einer eingehenden Prüfung der Fuchsin-Jodgrün-Methode. Durch diese wurden die Chromosomen in den allermeisten Fällen grün oder blauviolett gefärbt. Allerdings beobachtete ich eine solche Färbung auch bei solchen Pflanzen, bei denen das Kerngerüst der ruhenden Kerne ganz farblos geblieben war. Bei einzelnen Pflanzen, die im Kerngerüst der ruhenden Kerne nur erythrophile Elemente enthielten, zeigten die Chromosomen ebenfalls ein mehr oder weniger ausgeprägtes, zum Teil aber vollständig erythrophiles Verhalten.

Die zur Zeit vorliegenden Untersuchungen dürften somit nicht ausreichen, um die Ableitung irgend welcher allgemeiner Schlüsse aus dem tinktionellen Verhalten der Chromosomen zu gestatten.

4) Die Individualität der Chromosomen. Daß in den wirklich ruhenden Kernen, von ganz vereinzelten Ausnahmefällen — wie z. B. den von BALBIANI (III) beschriebenen Kernen der *Chironomus*-Larve — abgesehen, weder von einem zusammenhängenden Kernfaden noch von getrennten Chromosomen eine Spur zu sehen ist, wird wohl zur Zeit von allen Beobachtern zugestanden. Wenn trotzdem manche Autoren an der Persistenz der Chromosomen festhalten, so geschieht dies auch nicht auf Grund von thatsächlichen Beobachtungen, sondern lediglich spekulativen Betrachtungen zuliebe, auf die in diesem Buche nicht näher eingegangen werden soll.

Einer exakten Beobachtung zugänglich ist dagegen die Frage, ob bereits in den ersten Knäuelstadien getrennte Chromosomen nachweisbar sind, oder ob hier zunächst ein einziger zusammenhängender Kernfaden entsteht. Nach den Beobachtungen von GUIGNARD (III) ist nun jedenfalls in manchen Fällen das letztere der Fall. Namentlich bei den Kernteilungsfiguren der Pollenmutterzellen von *Ceratozamia* konnte der genannte Autor das Vorhandensein eines zusammenhängenden Kernfadens nachweisen. Außerdem hält er übrigens auch bei den Kernen der Pollenmutterzellen und des Embryosackes von *Lilium Martagon* das Vorhandensein eines einzigen Kernfadens in den ersten Stadien des Spirems für sehr wahrscheinlich; wenigstens konnte er hier in keinem Falle freie Endigungen beobachten (vergl. GUIGNARD II, 174 und 183).

STRASBURGER (VII, 36) spricht sich dagegen in neuerer Zeit auf Grund verschiedener Beobachtungen an den Kernen der Pollenmutterzellen und Embryosäcke gegen das Vorhandensein eines zusammen-

hängenden Kernfadens aus. Auch RABL (I, 284 u. 436) konnte bei den Kernen der *Salamander*-Larven weder im Spirem-, noch im Dispiremstadium einen zusammenhängenden Kernfaden mit Sicherheit nachweisen.

5) Die Längsspaltung der Chromosomen. Durch die Längsspaltung der Chromosomen wird es offenbar ermöglicht, daß die chromatische Substanz der Mutterkerne in sehr gleichmäßiger Weise auf die beiden Tochterkerne verteilt wird. Dieselbe wird deshalb auch vielfach als der wichtigste Vorgang bei der Karyokinese betrachtet und scheint auch bei den höheren Gewächsen ausnahmslos während der indirekten Kernteilung stattzufinden. Für die niederen Gewächse läßt sich dagegen zur Zeit noch kein endgiltiges Urteil fällen; doch sind auch bereits für diese verschiedene Fälle nachgewiesen, in denen unzweifelhaft ebenfalls eine Längsspaltung der Chromosomen stattfindet. Im zweiten Teile dieses Buches sollen diese Fälle eingehender besprochen werden.

Bezüglich der Phase, in der die Längsspaltung der Chromosomen beginnt, scheint keine vollständige Konstanz zu herrschen. Jedenfalls findet dieselbe aber häufig schon im Knäuelstadium statt. Von FLEMMING (VII, 744) wurde sogar als wahrscheinlich hingestellt, daß sie stets bereits in diesem Stadium eintritt und daß die abweichenden Angaben anderer Autoren darauf zurückzuführen sind, daß diese ihre Beobachtungen an für diese Frage ungünstig fixiertem Material angestellt haben.

Als geeignetes Material zur Beobachtung der Längsspaltung der Chromosomen kann ich u. a. die Wurzelspitzen von *Vicia Faba* empfehlen. Dieselben zeigen bei der Fixierung mit Chromsäure + Platinchlorid (vergl. S. 3) und Färbung mit Fuchsin (vergl. S. 6) im Asterstadium sehr deutlich die in zwei parallele Fäden gespaltenen Chromosomen (vergl. Fig. 26 *B*). Mit voller Deutlichkeit konnte ich aber ferner wiederholt auch bereits im Knäuelstadium (Fig. 26 *A*) eine Längsspaltung der Chromosomen beobachten. Das Gleiche konnte L. BUSCALIONI nach privater Mitteilung auch bei den Endospermkernen von *Vicia Faba* nachweisen.

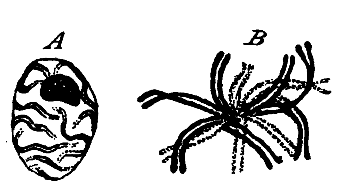


Fig. 26. Kernteilungsfiguren aus der Wurzelspitze von *Vicia Faba*. Fixierung: Chromsäure + Platinchlorid; Färbung: Fuchsin + Pikrinsäure. Vergr. 1500.

Erwähnen will ich schließlich noch an dieser Stelle, daß manche Autoren für einzelne Fälle eine zweimalige Längsspaltung der Chromosomen angeben. In der botanischen Litteratur liegen derartige Angaben speciell für die erste Teilung der Pollenmutterzellen vor, die wir im nächsten Abschnitte noch eingehender besprechen werden.

6) Das Auseinanderweichen der Tochterchromosomen. Das Auseinanderweichen der Tochterchromosomen geschieht, wie von GUIGNARD (VII) und HEUSER (I) fast gleichzeitig nachgewiesen wurde, jedenfalls in vielen Fällen einfach in der Weise, daß die der Aequatorialebene zugekehrten Enden sich längs der Spindelfasern nach den Polen zu voneinander entfernen (vergl. Fig. 21 S. 51), so daß sie in den beiden Tochtersternen stets polwärts gekehrt sind.

Komplizierte Umlagerungen scheinen dagegen nach den in den

letzten Jahren publizierten Untersuchungen allgemein bei der ersten Teilung der Pollenmutterzellen stattzufinden. Da nun aber auch die neuesten Untersuchungen der verschiedenen Autoren über die Art und Weise, in der in diesem Falle das Auseinanderweichen der Chromosomen stattfindet, noch erheblich differieren, so ist es zur Zeit noch noch nicht möglich, in dieser Hinsicht bereits jetzt ein abschließendes Urteil zu fällen. Ich erwähne aber zunächst, daß nach den Untersuchungen von FARMER (III) und BELAJEFF (V), deren Angaben im wesentlichen von STRASBURGER (XI, 183) bestätigt wurden, auf die schon im Spiremstadium stattfindende Längsspaltung der Chromosomen vor der Metakinese eine zweite, allerdings nur partielle Spaltung derselben folgen würde. Besitzen speciell die Chromosomen im Asterstadium, wie dies in der That am häufigsten vorzukommen scheint, eine T-förmige Gestalt, so stellen die beiden kurzen Schenkel, wie Fig. 27 a_1 erkennen läßt, die freien Schenkel der Tochterchromosomen dar, und es fällt also die erste Teilungsebene der Chromosomen in die Aequatorialebene. Die zweite Spaltungsebene steht dagegen senkrecht auf der ersten und ist daher nur in der in Fig. 27 a_2 dargestellten Flächenansicht sichtbar. Sie beginnt an dem peripheren Ende des Chromosoms und setzt sich fast bis zum freien Ende des Tochterchromosoms fort. Indem diese nun allmählich auseinanderweichen, tritt, wie die Figuren b_1 und b_2 erkennen lassen, eine Trennung der beiden Schenkel der Tochterchromosomen ein. Im Dyasterstadium besitzen diese schließlich die schon von GUIGNARD (II) u. a. beschriebene, in Fig. 27 c_1 und c_2 abgebildete V-förmige Gestalt. Die neueren Angaben von FARMER & MOORE (I) unterscheiden sich von den obigen namentlich dadurch, daß nach ihnen auch die erste Spaltung der Chromosomen zunächst häufig unvollständig sein soll, so daß dieselben bald an beiden Enden zusammenhaften und also ringförmige Gestalt besitzen, bald nur an einem, bald an beiden Enden vollständig getrennt sind. Es soll infolgedessen das Auseinanderweichen der Chromosomen in sehr verschiedener Weise stattfinden und speciell mit der von FLEMMING im Salamanderhoden beobachteten heterotypischen Kernteilung eine große Uebereinstimmung zeigen.

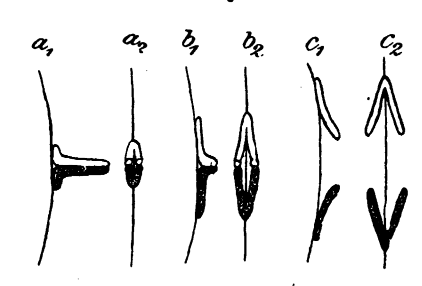


Fig. 27. Schema des Auseinanderweichens der Tochterchromosomen nach FARMER und BELAJEFF. a_1 b_1 c_1 in der Profil-, a_2 b_2 c_2 in der Flächenansicht.

Zu ähnlichen Resultaten scheint auch DIXON (I) nach der bisher allein veröffentlichten kurzen Notiz gelangt zu sein.

Eine nur einmalige Längsspaltung der Chromosomen nimmt dagegen neuerdings wieder SARGANT (I) an. Nach ihm sollen die Bilder, in denen, wie in Fig. 28 e,

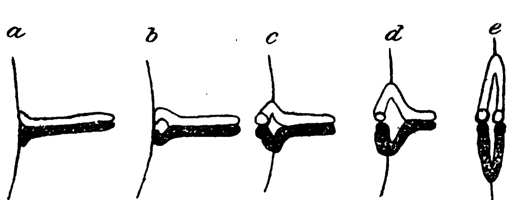


Fig. 28. Schema des Auseinanderweichens der Tochterchromosomen nach SARGANT.

die beiden V-förmigen Tochterchromosomen vor dem vollständigen Auseinanderweichen an beiden Enden miteinander zusammenhängen, dadurch zustande kommen, daß die den Spindelfasern anliegenden freien Enden der zunächst T-förmig gestalteten Chromosomen (Schema Fig. 28 *a*) sich zunächst einwärts oder auswärts krümmen oder den Spindelfasern parallel laufen. Am einfachsten gestaltet sich nun der von Sargant angenommene Vorgang im ersteren Falle, und es sind auch wohl aus den Fig. 28 *b—d* die betreffenden Umlagerungen ohne weiteres ersichtlich. In ähnlicher Weise sollen sich nun auch in den beiden anderen Fällen die freien Enden einfach aufeinander zuneigen, wozu allerdings zum Teil recht komplizierte Krümmungen erforderlich sind.

7) Die Zahl und Reduktion der Chromosomen. Die Zahl der Chromosomen zeigt nach den zur Zeit vorliegenden Untersuchungen innerhalb der Sexualzellen bei der gleichen Pflanzenart eine wenigstens annähernde Konstanz, während in den rein vegetativen Zellen, wie u. a. von Strasburger (VII, 238) nachgewiesen wurde, häufig ziemlich beträchtliche Abweichungen von der in den Sexualzellen beobachteten, normalen Zahl der Chromosomen vorkommen.

Zu beachten ist aber in dieser Hinsicht, daß die beim Sexualakt eintretende Kernverschmelzung stets auch mit einer Verdoppelung der Chromosomenzahl verbunden ist. Dieselbe würde somit ins Unendliche wachsen müssen, wenn nicht auch der umgekehrte Prozeß, eine Reduktion der Chromosomen, stattfände. Bei den *Angiospermen* erfolgt nun diese Reduktion einerseits vor der ersten Teilung der Pollenmutterzellen und andererseits vor der ersten Teilung im Embryosack, so daß also während der Teilung der Pollenmutterzellen und bei den im Pollenkorn, Pollenschlauch und Embryosack stattfindenden Kernteilungen nur halb so viel Chromosomen zu beobachten sind, wie bei den Teilungen im Embryo, in den Urpollenmutterzellen etc. Aehnliche Verhältnisse sind auch bei den *Gymnospermen, Pteridophyten* und *Moosen* beobachtet, doch sollen dieselben erst im speciellen Teile dieses Buches erörtert werden.

Erwähnen will ich dagegen noch an dieser Stelle, daß der ersten, mit der reduzierten Chromosomenzahl auftretenden Kernteilung allgemein tiefgreifende Umlagerungen in dem Kerngerüst vorauszugehen scheinen. Dieselben sind in neuerer Zeit von verschiedenen Autoren beschrieben worden, so namentlich von Moore (I), der dies Stadium bei verschiedenen Pflanzen und Tieren beobachtete und als Synapsis bezeichnet hat. Rosen (III) machte ganz ähnliche Beobachtungen bei der Sporenbildung von *Psilotum, Osmunda* und *Polypodium* und brachte für das betreffende Stadium den Ausdruck Dolichonema-Stadium in Vorschlag. Farmer (II, 473, 481 u. 490) konnte dasselbe schließlich auch bei der Sporenbildung von verschiedenen *Lebermoosen* nachweisen.

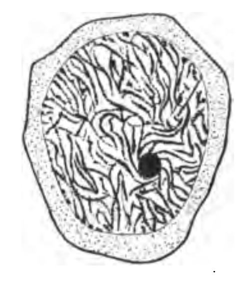


Fig. 29. Synapsisphase der Sporenmutterzelle von *Psilotum triquetrum*. Nach Rosen. Vergr. 1000.

Nach den übereinstimmenden Angaben dieser Autoren, die auch Verf. bei verschiedenen Objekten bestätigt gefunden hat, ist nun die Synapsisphase dadurch ausgezeichnet, daß sich aus dem Kerngerüst ein äußerst feines, ver-

schlungenes Fadenwerk bildet (vergl. Fig. 29 auf voriger Seite), das häufig um den wandständigen, zum Teil, wie wir noch zu besprechen haben werden, eigenartig deformierten Nucleolus angehäuft ist. Außerdem scheint in diesem Stadium stets eine bedeutende Größenzunahme des Kernes und in dem tinktionellen Verhalten des Kerngerüstes eine derartige Aenderung stattzufinden, daß dasselbe eine Zeit lang überhaupt nur schwer färbbar ist oder auch erythrophiles Verhalten zeigt.

Ein abweichender Modus der Chromosomen-Reduktion wird dagegen vielfach in der zoologischen Litteratur angegeben, und zwar soll dieselbe hier durch eine sogenannte Reduktionsteilung bewirkt werden. Diese ist dadurch charakterisiert, daß bei derselben eine Längsspaltung der Chromosomen unterbleibt und daß von den ungeteilten Chromosomen je eine Hälfte in einen jeden der beiden Tochterkerne wandert. Das allgemeine Vorkommen einer derartigen Reduktionsteilung wird nun übrigens, wie bei der immensen Ausdehnung der einschlägigen Litteratur an dieser Stelle nicht näher erörtert werden kann, auch für tierische Zellen von verschiedenen Autoren energisch bestritten.

Schließlich will ich an dieser Stelle noch hervorheben, daß die Zahl der Chromosomen für die systematische Verwandtschaft nicht von Bedeutung zu sein scheint. Wenigstens finden sich bei den *Liliaceen* nach den Beobachtungen von GUIGNARD (II) Arten mit 8, 12 und 16 Chromosomen in den Sexualkernen. Ein noch eklatanteres Beispiel aus der Tierwelt liefert *Ascaris megalocephala*, von der zwei Varietäten existieren, die sich fast nur dadurch unterscheiden, daß die Kerne der einen 2, die der anderen 1 Chromosom enthalten.

Detailliertere Angaben über die Zahl der Chromosomen in den verschiedenen Pflanzen und Pflanzenteilen sollen im speciellen Teile dieses Buches zusammengestellt werden.

8) Anomalien. Während die Abweichungen, welche namentlich manche niederen Gewächse bezüglich der chromatischen Kernfigur von dem oben geschilderten, für die höheren Pflanzen typischen Verhalten zeigen, im speciellen Teile dieses Buches besprochen werden sollen, sollen in diesem Abschnitte nur einige Anomalien zusammengestellt werden, welche an solchen Objekten, bei denen die Karyokinese im allgemeinen einen normalen Verlauf zeigt, beobachtet wurden.

An erster Stelle erwähne ich, daß nach Beobachtungen von ROSEN (I, 8) im Embryosack von *Hyacinthus* und *Fritillaria* von dem im Dispirem befindlichen Kernfaden dünne Fortsätze getrieben werden, die substantiell mit dem Kernfaden übereinstimmen und auch aus diesem entspringen sollen. Diese Fäden, die ROSEN als „Trennungsfäden“ bezeichnet, korrespondieren miteinander meist genau zu beiden Seiten der Zellplatte, sie durchsetzen dieselbe aber nicht. Daß wir es hier nicht etwa einfach mit zurückgebliebenen Teilen der Chromosomen zu thun haben, folgert ROSEN namentlich daraus, daß die Trennungsfäden erst dann in voller Länge und Stärke ausgebildet sein sollen, wenn die Verbindungsfäden in der Mitte schon verschwunden sind; vorher sollen sie als kurze Spitzchen und sodann als äußerst dünne blaue Linien in den noch von den Verbindungsfäden eingenommenen Raum hereinragen. Ich will übrigens erwähnen, daß RABL (I, 292) bereits früher an tierischen Zellen ganz ähnliche Beobachtungen gemacht hat, daß er dieselben aber durch das Zurückbleiben einzelner Tochterchromosomen bei dem Auseinanderweichen derselben erklärt.

LAWDOWSKY (I, 428) beobachtete namentlich bei *Vicia Faba* häufig, daß ein Chromosom im Dispirem oder Dyaster nach außen vorragt, und bringt diese Erscheinung mit den Centralkörpern in Beziehung.

Im Embryosack der *Liliaceen* beobachtete LAWDOWSKY (I, 409) ferner, daß die Chromosomen die Gestalt von Bläschen, Säckchen, Kolben oder auch von unregelmäßig geteilten Klümpchen zeigten. Obwohl die betreffenden Präparate mit den besten Fixierungsmitteln (u. a. Chrom-Osmium-Essigsäure) erhalten wurden, ist doch wohl anzunehmen, daß es sich in diesen Fällen um Kunstprodukte handelt.

b) Die achromatische Kernfigur (Kernspindel).

Die achromatische Kernfigur besteht, wie Fig. 30 erkennen läßt, zur Zeit der Sternform aus einer Anzahl von zarten Fäden, die zwischen den beiden Polen ausgespannt sind und in der Aequatorialebene mit den Chromosomen in Berührung stehen. Da die Gesamtheit dieser Fäden die Gestalt einer Spindel besitzt, werden dieselben auch wohl als Spindelfasern und die Vereinigung derselben als Kernspindel bezeichnet.

Erwähnen will ich ferner gleich an dieser Stelle, daß man bei tierischen Kernteilungsfiguren in neuerer Zeit gewöhnlich zwischen zwei verschiedenen Arten von Spindelfasern unterscheidet. Während nämlich bereits von VAN BENEDEN & NEYT (I, 279) und BOVERI (II) die Ansicht vertreten war, daß die Spindelfasern nur von einem der Pole bis zu einem Chromosom reichen, und durch Kontraktion das Auseinanderweichen der Tochterchromosomen bewirken sollten, zeigte HERMANN (II), daß sich in tierischen Zellen zwei verschiedene Arten von Spindelfasern unterscheiden lassen, und zwar verlaufen die einen, wie Fig. 31 erkennen läßt, in der That von den Polen nach den Chromosomen hin. Dieselben bilden die sogen. „Halbspindeln" und werden neuerdings auch wohl als „Mantelfasern" bezeichnet. Außerdem sind nun aber auch noch von Pol zu Pol verlaufende Fasern, die ebenfalls auf Fig. 31 dargestellt sind, vorhanden. Der Komplex derselben wird von HERMANN als „Centralspindel" bezeichnet.

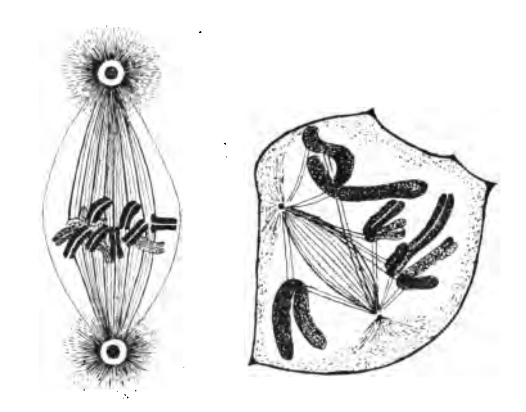


Fig. 30. Fig. 31.

Fig. 30. Sternform aus dem Embryosack von *Lilium Martagon*. Nach GUIGNARD. Vergr. 650.

Fig. 31. Hodenzelle von *Salamandra maculosa* zeigt die Mantelfasern und die Centralspindel. Nach DRÜNER (I). Vergr. 1350.

Speciell für die Pflanzenzellen kann nach den Untersuchungen von GUIGNARD (II), STRASBURGER (VII, 146 u. VI) u. a. als erwiesen gelten, daß die achromatischen Kernfiguren derselben Spindelfasern enthalten, die sich unzweifelhaft ohne Unterbrechung von Pol zu Pol erstrecken. Namentlich von GUIGNARD wurde ferner wiederholt darauf hingewiesen, daß die Zahl dieser Spindelfasern während der Sternform mit der der Chromosomen übereinstimmt. GUIGNARD (II, 185) hält es jedoch nicht für unwahrscheinlich, daß die in diesem Stadium sichtbaren Fasern durch Verschmelzung einer größeren Anzahl von zarteren Fäden entstehen. Er beobachtete auch, daß die relativ dicken achromatischen Fasern des Astroids durch verdünnte Salzsäure zum Teil in feinere Fäden zerlegt wurden.

Nach neueren Untersuchungen von STRASBURGER (XI, 179) sollen nun die die Faserbündel oder „sekundären Fasern" bildenden „Primärfasern" insofern ein verschiedenartiges Verhalten zeigen, als nur die

einen sich von Pol zu Pol erstrecken sollen, während die anderen die Verbindung zwischen den Chromosomen und einem der Pole herstellen sollen. Bei dem Auseinanderweichen der Chromosomen sollen sich dann die Primärfasern der zweiten Art kontrahieren und jene dadurch zu den Polen hinführen, während die Fasern der anderen Art nach wie vor von Pol zu Pol verlaufen und in die sogen. Verbindungsfäden übergehen. Uebrigens sprechen die von STRASBURGER zum Nachweis eines derartig komplizierten Verhaltens angeführten Zeichnungen sehr wenig zu Gunsten der von ihm vertretenen Ansicht.

Ueber die Entstehungsweise der achromatischen Kernfigur läßt sich zur Zeit noch kein abschließendes Urteil fällen. Immerhin scheint es nach den vorliegenden Untersuchungen am wahrscheinlichsten, daß sich in dieser Hinsicht verschiedene Objekte verschieden verhalten, und daß die Spindelfasern bald mehr cytoplasmatischen, bald mehr nukleären Ursprungs sind. Von FARMER (II, 514) wird sogar die Ansicht vertreten, daß die achromatische Kernfigur überhaupt nicht aus einer einheitlichen Substanz besteht, sondern durch lediglich mechanische Wirkungen aus beliebigen Bestandteilen des Cytoplasmas und der Kerne hervorgehen kann.

Nach den vorliegenden Beobachtungen scheint nun aber die erste Anlage der achromatischen Figur in tierischen Zellen zum mindesten in zahlreichen Fällen außerhalb des Kernes stattzufinden. Von VAN BENEDEN & NEYT (I, 277), HERMANN (II, 574) und FLEMMING (VII, 723) wurde wenigstens die erste Anlage der Centralspindel zwischen den beiden extranukleären Centralkörpern beobachtet. Die gleiche Erscheinung findet nach DIXON (I) bei der ersten Teilung des Embryosackes von *Lilium longiflorum* statt.

Andererseits scheint es auch nicht an Fällen zu fehlen, in denen die gesamte achromatische Figur nukleären Ursprungs ist. Ich kann hier auf die diesbezügliche, sehr umfangreiche zoologische Litteratur nicht näher eingehen und bemerke nur, daß nach R. HERTWIG (II) bei den *Infusorien* ganz allgemein während der Teilung der Kerne kein Eindringen von achromatischer Substanz in das stets völlig abgeschlossen bleibende Kerninnere stattfindet.

FLEMMING (VII) hält ferner auch nach seinen neueren Untersuchungen daran fest, daß für einen großen Teil der Spindelfasern eine extranukleäre Herkunft nicht erwiesen sei, daß es vielmehr wahrscheinlich richtiger sei, dieselbe aus den Lininsubstanzen des Kerns und der Kernmembran abzuleiten. Er stützt diese Ansicht namentlich darauf, daß er in den Kernen bereits vor der Auflösung der Kernmembran ein blasses Fadenwerk nachweisen konnte, aus dem, wenn nicht ausschließlich, so doch zum größten Teil, die achromatische Kernspindel hervorgehen soll.

Von speciell botanischer Seite hat sich namentlich ZACHARIAS (V, 334 u. XI) für die Ableitung der Kernspindel aus der Kernsubstanz ausgesprochen und zwar namentlich auf Grund des mikrochemischen Verhaltens derselben. Nach diesem sollen die Spindelfasern nicht wie die cytoplasmatischen Strukturen aus Plastin, sondern aus Eiweiß bestehen. ZACHARIAS stützt diese Annahme namentlich auf die von ihm beobachtete Verdaubarkeit der Spindelfasern in Magensaft. Diese ist aber nur, wenn frische Schnitte direkt in die Verdauungsflüssigkeit eingetragen werden, eine vollständige. Bei Alkoholmaterial scheint dagegen nach den übereinstimmenden Angaben von ZACHARIAS und

Berthold (III, 202) nur eine teilweise Auflösung der Spindelfasern stattzufinden.

Auf der anderen Seite ist namentlich Strasburger (VII, 76) bis vor kurzem für einen cytoplasmatischen Ursprung der Spindelfasern eingetreten. Er stützte diese Ansicht namentlich darauf, daß während des Knäuelstadiums an verschiedenen pflanzlichen Kernen keine Spur von irgend welchen geformten Elementen außer den Chromosomen und den Nukleolen zu beobachten sei. Da aber Strasburger seine diesbezüglichen Beobachtungen nur an Präparaten anstellte, die mit Alkohol oder Chromosmiumessigsäure fixiert und mit Hämatoxylin oder Safranin tingiert oder mit Methylenblau und Eau de Javelle behandelt waren, so ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß sich die betreffenden Kernbestandteile infolge der angewandten Präparationsmethode der Beobachtung entzogen haben. In der That konnte auch Zacharias (XI) bei Benutzung von Alkoholmaterial und direkter Beobachtung in Wasser während des Knäuelstadiums eine körnige Masse im Kern beobachten. Da er aber andere Objekte untersucht hat als Strasburger, so können diese Beobachtungen keine volle Beweiskraft beanspruchen.

In zweiter Linie führt Strasburger (VII, 9) das Verhalten der *Spirogyren* zu Gunsten der cytoplasmatischen Natur der Spindelfasern an. Bei diesen treten nämlich beim Beginn der Karyokinese im Cytoplasma faserige Strukturen auf, die mit den erst später im Kern sichtbar werdenden die gleiche Orientierung besitzen. Daß nun aber diese cytoplasmatischen Fasern wirklich, wie Strasburger annimmt, in den Kern hineinwachsen sollten, ist zum mindesten unwahrscheinlich. Von Flemming (I, 320) wurde nämlich bereits gezeigt, daß die im Kern eingeschlossenen Spindelfasern innerhalb der noch völlig geschlossenen Kernmembran auftreten können und daß vor dem Auftreten derselben bereits eine ganz bedeutende Abnahme der cytoplasmatischen Fasern stattfindet. Es ist somit wohl wahrscheinlich, daß die beiden Arten von Fasern ganz verschiedener Natur sind.

Im Embryosackbelag von *Leucojum aestivum* hat ferner Strasburger (VII, 102) die Beobachtung gemacht, daß die Kerne bereits vor Auflösung der Kernmembran von einer spindelförmigen cytoplasmatischen Hülle, die aus nach 2 (seltener 3) Polen konvergierenden Fasern zusammengesetzt ist, umgeben sind. Diese und ähnliche Beobachtungen von Went (I) lassen sich aber nicht zum Nachweis der cytoplasmatischen Natur der Spindelfasern verwerten, da Strasburger selbst angiebt, daß die eigentliche Kernspindel unabhängig von den Fasern jener cytoplasmatischen Hülle entsteht.

Eine ähnliche cytoplasmatische Hülle beobachtete ferner Belajeff (V) in den Pollenmutterzellen von *Larix europaea*. Der genannte Autor konnte hier aber auch innerhalb des Kernes achromatische Fasern nachweisen und nimmt an, daß die Kernspindel zum Teil aus den cytoplasmatischen Fäden, zum Teil aus dem Kern hervorgeht. Zu im wesentlichen gleichen Resultaten gelangte neuerdings auch Strasburger (XI, 166). Da er aber in den im Kern auftretenden, achromatischen Fäden unmittelbar nach ihrer Entstehung kleine Körnchen beobachten konnte, die sich mit Safranin + Gentianaviolett + Orange wie die Nukleolen färben und auch aus der Substanz der Nukleolen hervorgehen sollen, nimmt er neuerdings an, daß die centralen Spindelfasern bei *Larix* ausschließlich aus dem Zellkern hervorgehen, und daß

ferner in erster Linie die Nukleolen bei der Bildung der Spindelfasern verwandt werden.

Sehr eigenartige Anschauungen über die Entstehung der achromatischen Spindel teilt DEGAGNY (II) mit. Er benutzte als Untersuchungsobjekt *Lilium candidum*, macht aber über die angewandte Präparationsmethode keine Mitteilung und verwebt die Mitteilung seiner Beobachtungen derartig mit unklaren und unbewiesenen Spekulationen, daß ich über den Wert derselben nicht zu einem bestimmten Urteil gelangen konnte.

Bemerkenswert ist schließlich noch, daß nach den im wesentlichen übereinstimmenden Angaben von BELAJEFF (V) und FARMER (III, 58) die achromatischen Spindelfasern in den Pollenmutterzellen der *Liliaceen* bei der Anlage häufig nach verschiedenen Punkten konvergieren.

Mehr als Abnormitäten wurden ferner vereinzelt auch in späteren Stadien der Karyokinese von verschiedenen Autoren multipolare Kernspindeln beobachtet. So von SOLTWEDEL (I, 361) im Embryosack von *Leucojum* und *Ornithogalum*, ferner auch von STRASBURGER (VI, 18) und GUIGNARD (II, 208). Ob diese Teilungsfiguren wirklich, wie wohl meistens angenommen wird, zu einer Mehrteilung des Kernes führen, scheint mir für die meisten Fälle noch nicht exakt bewiesen. Eine simultane Vierteilung findet aber nach FARMER (IV) bei dem Lebermoose *Pallavicinia* in den Sporenmutterzellen statt, in denen bei anderen Arten gewöhnlich 2 einfache Kernteilungen schnell aufeinander folgen.

c) Die Centralkörper (Centrosomen).

Die Pole der achromatischen Kernfigur werden nach den neueren Untersuchungen sehr häufig von kugeligen Körpern eingenommen, die zunächst vielfach als Polkörperchen, zur Zeit aber gewöhnlich als Centralkörper oder Centrosomen bezeichnet werden. Dieselben sind von einer häufig körnigen oder strahligen Plasmamasse umgeben, die sich von dem übrigen Cytoplasma mehr oder weniger scharf abhebt und von VAN BENEDEN als Attraktionssphäre, von BOVERI als Archoplasma bezeichnet wird. Da nun diese Körper zu den Zellkernen jedenfalls in engster Beziehung stehen, so scheint ihre ausführliche Besprechung in diesem Buche erforderlich, obwohl sie vielleicht vom Zellkern jederzeit streng zu scheidende Organe der Zelle darstellen.

Die Entdeckung der Centralkörper wird von FLEMMING (V, 62) KUPFFER zugeschrieben, der dieselben zuerst in den Leberzellen beobachtet hat. Ihre allgemeinere Verbreitung in tierischen Zellen wurde aber erst durch VAN BENEDEN (I), VAN BENEDEN & NEYT (I) und BOVERI (II) nachgewiesen. Von FLEMMING (VII) wurden sie ferner zuerst innerhalb verschiedener Gewebearten auch in Zellen mit sicher ruhenden Kernen aufgefunden. Später wurden sie dann von zahlreichen Forschern in den verschiedenartigsten tierischen Organen beobachtet. Ich muß jedoch bezüglich dieser Untersuchungen, die namentlich von FLEMMING in den Ergebnissen der Anatomie und Entwickelungsgeschichte (Bd. 1 u. ff.) in den Referaten über die Zelle sehr übersichtlich zusammengestellt und kritisch beleuchtet sind, auf die einschlägige Litteratur verweisen. Hervorheben möchte ich nur noch in dieser Hinsicht, daß auch die Untersuchungen an tierischen Organen bezüglich der Verbreitung und Bedeutung der Centralkörper noch nicht zu abschließenden Resultaten geführt haben und daß namentlich die

Frage, ob sich dieselben ausschließlich oder wenigstens vorwiegend unabhängig vom Kern durch Teilung vermehren, noch nicht endgiltig im positiven oder negativen Sinne entschieden ist.

Innerhalb der Pflanzenzellen wurden die Centralkörper zuerst von Guignard (II) beobachtet und namentlich in den Sexualorganen von *Lilium Martagon* in allen Entwickelungsstadien derselben (vgl. Fig. 19—23 S. 50 u. 51) genau verfolgt. Außerdem konnte der genannte Autor die Centralkörper, die er gewöhnlich als „sphères directrices" bezeichnet, auch in verschiedenen anderen Organen, speciell auch in rein vegetativen Zellen und in solchen mit ruhenden Kernen (vgl. Fig. 32) nachweisen. Guignard nimmt denn auch auf Grund seiner Untersuchungen an, daß die Centralkörper ein konstantes Organ innerhalb der Zelle darstellen.

Im Anschluß an diese Angaben haben dann auch verschiedene andere Autoren innerhalb einzelner anderer Objekte Centralkörper beobachten können. Wenn wir von einigen zum Teil sehr fragwürdigen Angaben, die im speciellen Teil dieses Buches besprochen werden sollen, absehen, so sind in dieser Hinsicht namentlich die folgenden zu nennen:

Nach Bütschli (IV) sind die Centralkörper bei *Surirella* schon innerhalb der lebenden Zellen zu beobachten. Ein sehr geeignetes Objekt zur Beobachtung der Centralkörper bildet ferner nach Strasburger (V, 32) *Sphacelaria*. Von Schottländer (I) wurden dieselben innerhalb der jungen Antheridien und Eizellen verschiedener Gewächse beobachtet. Nach Overton (VII, 10) sind die Centralkörper besonders im Endosperm und in den Pollenmutterzellen von

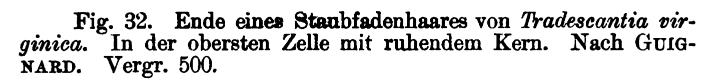


Fig. 32. Ende eines Staubfadenhaares von *Tradescantia virginica*. In der obersten Zelle mit ruhendem Kern. Nach Guignard. Vergr. 500.

Ceratozamia leicht aufzufinden. Schwieriger gelang dies bei *Coniferen*. Schaffner (II) beobachtete Centralkörper in verschiedenen, rein vegetativen Zellen und zwar auch in solchen mit ruhenden Kernen. Nach Demoor (I, 227) sollen dieselben schließlich bei den Staubfädenhaaren von *Tradescantia virginica* namentlich durch Temperaturerniedrigung in den lebenden Zellen sichtbar gemacht werden können.

Uebrigens liegen auch in der allerneuesten Litteratur noch verschiedene Angaben vor, die die allgemeine Verbreitung der Centralkörper, zum Teil sogar die Richtigkeit der Guignard'schen Beobachtungen in Frage stellen.

So soll nach Farmer (III, 58) in den Antheren von *Lilium Martagon* die Bildung der achromatischen Spindel ohne Verbindung mit Centralkörpern an verschiedenen Punkten des Protoplasmas stattfinden. Die Spindelfasern sollen ferner nach völliger Ausbildung der Kernspindel keineswegs stets nach einem Punkte konvergieren; einzelne Fasern sollen vielmehr sehr häufig nach den in das Cytoplasma ausgewanderten Nukleolen hin verlaufen.

Ebenso habe auch ich bei meinen Bemühungen, in verschiedenen pflanzlichen Organen die Centrosomen sichtbar zu machen, obwohl ich namentlich auch die bei tierischen Objekten fast ausnahmslos zum Ziele führenden Fixierungs- und Tinktions-

methoden in der verschiedenartigsten Weise miteinander kombiniert habe, in keinem Falle distinkt gefärbte Körper beobachten können, die ich unzweifelhaft als Centralkörper hätte deuten können. Die pflanzlichen Centrosomen dürften somit zum mindesten eine von den tierischen abweichende Zusammensetzung besitzen.

Hinsichtlich der feineren Struktur der Centralkörper ist, wenn wir uns auf die an Pflanzenzellen gemachten Beobachtungen beschränken, nur zu erwähnen, daß an denselben von Guignard und den anderen Beobachtern ein kugeliges, stärker tinktionsfähiges Centrum, das eigentliche Centrosoma, und eine nicht tinktionsfähige, strukturlose Hülle unterschieden wird.

Die Vermehrung der Centralkörper geschieht nach Guignard ausschließlich durch Teilung, und zwar beobachtete er bei *Lilium Martagon*, daß diese Teilung etwa im Stadium der Metakinese stattfindet; so sind denn auch bereits in dem Fig. 21 S. 51 abgebildeten Stadium 2 gesonderte Centralkörper an den Polen der Kernteilungsfiguren sichtbar. In den Zellen mit ruhenden Kernen beobachtete Guignard ferner demgemäß auch stets 2 Centralkörper, dieselben liegen dicht nebeneinander in der unmittelbaren Nähe und häufig auch in einer Einbuchtung des Kernes. Bei *Sphacelaria* findet dagegen nach Strasburger die Teilung der Centralkörper stets erst nach Vollendung der Kernteilung statt. Humphrey (II, 116) beobachtete jedoch bei dieser Gattung neben einem im Stadium völliger Ruhe befindlichen Kerne sicher 2 Centrosomen.

Bezüglich des Verhältnisses der Centralkörper zur achromatischen Kernspindel ist beachtenswert, daß Guignard (II, 207) bei den Kernteilungsfiguren mit drei- oder mehrpoliger Anordnung der achromatischen Spindelfasern stets auch eine entsprechende Anzahl von Centralkörpern nachweisen konnte. Ueber die Entstehung derartiger Figuren konnte allerdings noch kein sicherer Aufschluß erlangt werden.

d) Die Nukleolen während der Karyokinese.

Dem Verhalten der Nukleolen während der Karyokinese wurde namentlich in den letzten Jahren eine erneute Aufmerksamkeit geschenkt, und es kann auch schon jetzt als höchst wahrscheinlich gelten, daß in dieser Hinsicht bei den verschiedenen Objekten eine gewisse Mannigfaltigkeit herrscht. Als unzweifelhaft können wir zunächst ansehen, daß in gewissen Fällen während der Karyokinese im Cytoplasma Körper auftreten, die in jeder Beziehung mit den echten Nukleolen übereinstimmen und auch höchst wahrscheinlich als ausgestoßene Zerfallsprodukte der Nukleolen zu betrachten sind. Es wurden ferner auch einige Beobachtungen angeführt, die es nicht unwahrscheinlich erscheinen lassen, daß auch eine Rückwanderung der Nukleolen aus dem Cytoplasma in die Tochterkerne stattfindet. Immerhin muß aber die allgemeine Giltigkeit des früher von mir (IV, 31) als möglich hingestellten Satzes „*omnis nucleolus e nucleolo*“ nach den neueren Untersuchungen als nicht sehr wahrscheinlich angesehen werden. So wurden denn auch die Nukleolen in neuerer Zeit von einzelnen Autoren mit sehr verschiedenartigen Erscheinungen, nämlich mit der Entstehung der Chromosomen, der achromatischen Kernfigur, der Centrosomen und Zellmembran in Zusammenhang gebracht. Wir wollen nun der Reihe nach die zu Gunsten dieser verschiedenen Annahmen angeführten Beobachtungen auseinandersetzen und schließlich noch das Verhalten des Nucleolus während der Synapsisphase des Kernes besprechen.

1) Die Ausstoßung der Nukleolen ins Cytoplasma. Eine Ausstoßung der Nukleolen in das umgebende Cytoplasma wurde zuerst von E. Tangl (II, 68), der in den Pollenmutterzellen von *Hemerocallis fulva* einen in das Cytoplasma ausgestoßenen Nucleolus beobachtete, angegeben. Später bezeichnete Strasburger (VIII, 480) diesen Körper teils als „Sekretkörperchen", teils als „Paranucleolus" und stellte seine Zusammengehörigkeit mit den echten Nukleolen in Abrede. Von Zacharias (I, 281) wurde ferner für die Pollenmutterzellen der Austritt von Nukleolen aus den Kernen energisch bestritten. Im Gegensatz hierzu konnten aber ungefähr gleichzeitig Farmer (I) und ich (IV, 8) in den Pollenmutterzellen von *Lilium Martagon* den Austritt der Nukleolen während der Kernteilungen nachweisen. Dieselben zerfallen hier in sehr zahlreiche kleine Kugeln, die, wie Fig. 33 zeigt, im Asterstadium ungefähr gleichmäßig über den gesamten Zellinhalt zerstreut sind. In den späteren Stadien (vergl. Fig. 34) beobachtete ich dagegen weniger zahlreiche und größere Nukleolen.

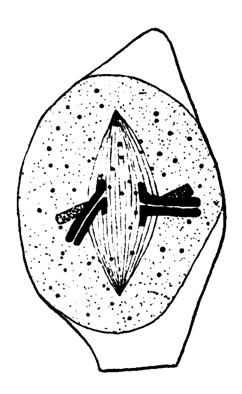


Fig. 33.

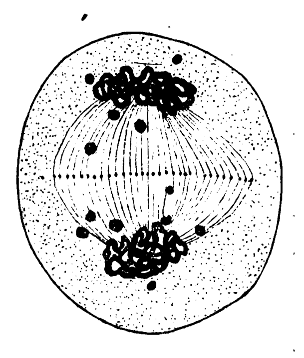


Fig. 34.

Fig. 33 und 34. Pollenmutterzellen von *Lilium Martagon* während der ersten Teilung. Fixierung: Chromsäure + Platinchlorid; Färbung: Fuchsin + Jodgrün. Nach Zimmermann (IV).

Aehnliche Beobachtungen konnte ich ferner auch bei *Hyacinthus candicans* und neuerdings auch bei *Fritillaria imperialis* machen. Außerdem zeigten mir ein gleichartiges Verhalten die jungen Sporangien von *Equisetum* und *Psilotum*. Bei dem letztgenannten Objekte hatte ungefähr gleichzeitig mit mir auch G. Karsten (III) die aus dem Kerne ausgetretenen Nukleolen beobachtet. Er deutete dieselben allerdings als Centrosomen, was namentlich von Guignard (V) widerlegt wurde. Nach den Beobachtungen des letztgenannten Autors findet übrigens bei *Psilotum* zwischen den Teilungen der Sporenmutterzellen und denjenigen, die der Bildung derselben vorausgehen, insofern eine Verschiedenheit statt, als namentlich bei den letzteren eine Ausstoßung der Nukleolen während der Karyokinese stattfinden soll.

Humphrey (III) konnte bei der Teilung der Sporenmutterzellen von *Psilotum* überhaupt keine Ausstoßung der Nukleolen nachweisen.

Belajeff (V) beobachtete in den Pollenmutterzellen von *Larix europaea*, daß nach der Auflösung der Kernmembran der Nucleolus immer kleiner wird und schließlich verschwindet, daß aber dann im Cytoplasma eine Anzahl von Körnchen auftreten, die sich wie die Nukleolen färben und mit dem Beginn der Nukleolenbildung in den Tochterkernen wieder vollständig verschwinden. Belajeff nimmt aber an, daß die im Cytoplasma zu beobachtenden Körper erst nachträglich aus der gelösten Nukleolarsubstanz niedergeschlagen werden. Aehn-

liche Beobachtungen machte er auch in den Pollenmutterzellen einiger *Liliaceen.* Ebenso gelangte auch STRASBURGER (XI, 155) auf Grund von Untersuchungen, die ebenfalls an den Pollenmutterzellen der *Liliaceen* und von *Larix* angestellt wurden, zu der Ueberzeugung, daß die im Cytoplasma nachweisbaren, die Reaktionen der Nukleolen zeigenden Körper sich erst nachträglich aus gelöster Nukleolarsubstanz verdichten. Nur ausnahmsweise sollen Zerfallsprodukte des Nucleolus in das Cytoplasma ausgestoßen werden. Diese sollen dort schwinden, ohne irgend welche Anzeichen eines Teilungsvorganges zu verraten.

Hinsichtlich der weiblichen Sexualorgane sind zunächst Beobachtungen von STRASBURGER (IX, 268) zu nennen, der bei *Leucojum* und *Galanthus* im Wandbelag des Embryosackes die im Cytoplasma enthaltenen Nukleolen beobachtete. Mit Hilfe der Jodgrün-Fuchsinfärbung gelang es mir (IV, 15) dann, den Austritt der Nukleolen während der ersten Teilungsstadien des primären Embryosackkernes von *Lilium Martagon*, sowie auch im Embryosackbelag von *Fritillaria imperialis*, zwei mit besonderer Vorliebe zu Kernstudien angewandten Objekten, nachzuweisen. Im Gegensatz hierzu konnte STRASBURGER (XI, 156) in dem Wandbelag des Embryosackes und im Endosperm von *Fritillaria* keine extranukleären Nukleolen beobachten. Für den Embryosackwandbelag von *Leucojum* und *Galanthus* giebt er ferner neuerdings an, daß zwar Zerfallsprodukte der Nukleolen ins Cytoplasma ausgestoßen werden; dieselben sollen hier dann aber verschwinden, während gleichzeitig kleine Nukleolen durch Neubildung im Cytoplasma entstehen.

Mit großer Wahrscheinlichkeit sind wohl die von HIRASE (II) in der Eizelle von *Gingko biloba* beobachteten Granulationen als Nukleolen zu deuten. Dieselben scheinen hier allerdings nicht nur während der Teilung des Eikernes, sondern auch bereits vor derselben ins Cytoplasma ausgestoßen zu werden. HIRASE hält es sogar für wahrscheinlich, daß auch aus den Zellen der Archegoniumwandung die aus den Kernen ausgetretenen Nukleolen in die Eizelle eindringen.

Von vegetativen Zellen, innerhalb derer mir der Nachweis extranukleärer Nukleolen während der Karyokinese gelang, erwähne ich die Wurzelspitzen von *Vicia Faba* und die Stammspitzen von *Phaseolus communis* und *Psilotum triquetrum.* Bei dem letzgenannten Objekte besaßen die die Reaktion der Nukleolen zeigenden Massen allerdings eine sehr unregelmäßige Form und machten den Eindruck von Kunstprodukten. Von ROSEN (III) wurde nun aber neuerdings gezeigt, daß man durch Benutzung einer anderen Fixierungsflüssigkeit auch bei *Psilotum* unzweifelhaft Nukleolen im Cytoplasma nachweisen kann. Bei den Wurzelspitzen von *Hyacinthus* und *Vicia Faba* erhielt ROSEN bei den von verschiedenen Pflanzen stammenden Präparaten verschiedene Resultate.

Nach HUMPHREY (II, 111) soll nun allerdings der größte Teil meiner im Obigen mitgeteilten Beobachtungen auf Kunstprodukte zurückzuführen sein. Auf eine ausführlichere Widerlegung dieser ganz unbegründeten Ansicht glaube ich aber um so mehr verzichten zu können, als der genannte Autor nicht einmal die Fälle anführt, in denen es sich um künstliche Fällungen oder dergleichen handeln soll. Ich beschränke mich deshalb darauf, in dieser Beziehung auf p. 7 meiner citierten Arbeit zu verweisen.

Ob bei den niederen Gewächsen eine Auswanderung der Nukleolen in das Cytoplasma stattfindet, ist zur Zeit, abgesehen von den *Characeen*, bei denen ich neuerdings während der Karyokinese Nukleolen im Cytoplasma beobachten konnte, zweifelhaft. Wir werden aber im speciellen Teil dieses Buches noch mehrfach zu erwähnen

haben, daß bei verschiedenen Kryptogamen außerhalb des Kernes nukleolenähnliche Körper beobachtet wurden. Dieselben wurden von ihren Entdeckern teils als Nukleolen, teils als Centralkörper bezeichnet, und es scheint auch in der That in den meisten Fällen zur Zeit nicht möglich, über die Natur derselben ein sicheres Urteil zu fällen.

Bezüglich der tierischen Zellen sei erwähnt, daß von METZNER (I) neuerdings angegeben wird, daß in dem Salamanderhoden während der Karyokinese aus den Nukleolen stammende, kleine Körper ins Cytoplasma austreten und hier bis zur Beendigung der Karyokinese erhalten bleiben.

2) Die Rückwanderung der Nukleolen aus dem Cytoplasma in die Tochterkerne. Auf Grund meiner früheren Beobachtungen habe ich es als wahrscheinlich hingestellt, daß die während der Karyokinese im Cytoplasma beobachteten sehr zahlreichen kleinen Nukleolen später wieder in die Tochterkerne zurückwandern, um hier durch Verschmelzung die normalen großen Nukleolen der ruhenden Kerne zu bilden. Wenn ich es nun auch nach den zur Zeit vorliegenden Untersuchungen nicht mehr für wahrscheinlich halte, daß eine solche Rückwanderung als eine allgemein eintretende Erscheinung angesehen werden kann, so scheint es mir doch auch jetzt noch wahrscheinlich, daß dieselbe in gewissen Fällen in der That stattfindet. Für eine solche scheinen mir namentlich die folgenden, bereits früher von mir (IV, 30) angeführten Gründe zu sprechen:

Zunächst wurde von zahlreichen Autoren nachgewiesen, daß die großen Nukleolen der ruhenden Kerne durch Verschmelzung zahlreicher kleiner Nukleolen entstehen. Von ZACHARIAS (I, 279) wurde diese Verschmelzung sogar wiederholt direkt innerhalb der lebenden Zelle beobachtet.

Sodann konnte ich in verschiedenen Fällen nachweisen, daß die während der Sternform und Metakinese sehr zahlreichen und kleinen extranukleären Nukleolen während der späteren Stadien der Karyokinese wieder bedeutend an Größe zunahmen, während sich ihre Zahl verminderte (vgl. Fig. 33 und 34, S. 65). Es scheint demnach bereits im Cytoplasma eine Verschmelzung der Nukleolen stattzufinden.

Ferner ist beachtenswert, daß die Nukleolen, wenn sie zuerst in den Tochterkernen wieder auftreten, mit den zum Teil noch gleichzeitig vorhandenen extranukleären in ihrer Größe in vielen Fällen eine große Uebereinstimmung zeigen. Dies gilt u. a. auch für die von HUMPHREY (II, 112) an STRASBURGER'schen Präparaten vom Embryosackbelag von *Galanthus nivalis* gemachten Beobachtungen. Daß die extranukleären Nukleolen hier nicht etwa, wie HUMPHREY annimmt, lange Zeit nach der Beendigung der Karyokinese erhalten bleiben, geht aus einer späteren Angabe von STRASBURGER (XI, 157) hervor, nach der dieselben bei dem genannten Objekte verschwunden sind, wenn die Tochterkerne wieder einen Nucleolus führen.

Schließlich konnte ich in einigen Fällen beobachten, daß die extranukleären Nukleolen in der Zeit, wo die Entstehung der Nukleolen in den Tochterkernen stattfand, in großer Menge um diese herum angesammelt waren.

Auf der anderen Seite wurde von STRASBURGER (XI, 155) gegen die Annahme einer Rückwanderung der Nukleolen angeführt, daß dieselben speciell in den Pollenmutterzellen von *Larix europaea* erst dann in den Tochterkernen auftreten sollen, wenn dieselben bereits mit einer Membran umgeben sind.

3) Beziehungen zu den Chromosomen. Daß die Substanz der Nukleolen bei der Bildung der Chromosomen Verwendung finden sollte, wurde von WENT (I, 247) zunächst damit begründet, daß er in verschiedenen Fällen beobachten konnte, daß die Nukleolen oder die Zerfallsprodukte derselben während des Knäuelstadiums dem Kernfaden anliegen, und daß stellenweise nach dem Verschwinden derselben an dem sonst sehr gleichmäßig dicken Kernfaden lokalisierte An-

schwellungen vorhanden waren. Ein Anschmiegen der Chromosomen an die Nukleolen wurde speciell für die Embryosackkerne der *Amaryllideen* neuerdings auch von STRASBURGER (XI, 162) angegeben. Ferner konnte FARMER (II, 477, 491) bei verschiedenen *Lebermoosen*, speciell in den Sporenmutterzellen von *Fossombronia* beobachten, daß die Teilstücke der Nukleolen mit den Chromosomen in Berührung treten.

Einige ähnliche Beobachtungen wurden ferner auch bei tierischen Zellen gemacht. So beobachtete O. HERTWIG (I, 166), daß bei *Ascaris* Zerfallsprodukte der Nukleolen zunächst dem Kernfaden aufgelagert und schließlich ganz von demselben umschlossen wurden. Das Gleiche konnte F. REINKE (I, 410) an den Kernen der *Mäusemilz* feststellen.

Schließlich sei noch erwähnt, daß ich neuerdings an den Kernteilungsfiguren des Embryosack-Wandbelags von *Lilium Martagon* nach der Fixierung mit Chromsäure und Platinchlorid und Färbung mit Fuchsin und Jodgrün in den Endstadien des Spirems beobachten konnte, daß einzelne rote Kugeln, die außerdem auch in großer Zahl in der Umgebung der betreffenden Kerne zu beobachten waren, den violett gefärbten Chromosomen teils seitlich ansaßen, teils auch ganz von denselben aufgenommen waren, so daß sie, wie Fig. 35, in der das rot Erscheinende dunkler gezeichnet ist, erkennen läßt, kleine Auftreibungen an denselben bildeten.

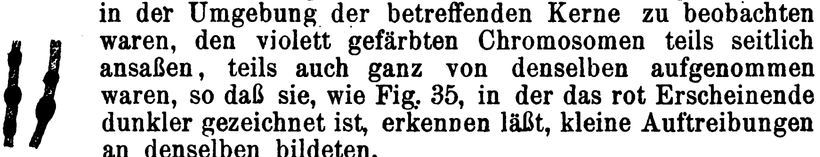


Fig. 35. Teile des Kernfadens aus dem Spirem des Embryosack-Wandbelags von *Lilium Martagon*. Die Nukleolensubstanz dunkler gezeichnet. Vergr. 1500.

Derartige Beobachtungen sprechen natürlich sehr dafür, daß Zerfallsprodukte der Nukleolen direkt von den Chromosomen aufgenommen werden, und es wäre jedenfalls wünschenswert, daß einmal mit Hilfe geeigneter Präparationsmethoden die Verbreitung derartiger Erscheinungen festgestellt würde.

Außerdem wäre nun aber auch sehr wohl möglich, daß gelöste Nukleolarsubstanz von dem Kernfaden aufgenommen wird, und es läßt sich in der That das bereits S. 53 besprochene tinktionelle Verhalten der Chromosomen zu Gunsten dieser Annahme anführen. Natürlich müßte aber dann die Aenderung in dem tinktionellen Verhalten der Chromosomen stets mit dem Verschwinden der Nukleolen oder wenigstens mit einer Abnahme derselben zeitlich zusammenfallen. In der That wird denn auch von WENT (I), FARMER (II) u. a. angegeben, daß ein zeitliches Zusammentreffen der beiden genannten Erscheinungen in manchen Fällen nachweisbar ist, während allerdings STRASBURGER (VII, 138) wiederholt zu abweichenden Resultaten gelangte. Auf alle Fälle dürfte aber auch aus dem bereits S. 54 über das tinktionelle Verhalten der Chromosomen Mitgeteilten zur Genüge hervorgehen, daß demselben in dieser Frage keine große Beweiskraft zugeschrieben werden kann.

4) Beziehungen zu der achromatischen Kernfigur. Nachdem STRASBURGER (XI, 166) in den Kernen der Pollenmutterzellen von *Larix europaea*, wie bereits S. 61 hervorgehoben wurde, in den achromatischen Fasern nach ihrer Anlage kleine Körnchen enthalten sah, die in ihrem Verhalten gegen Safranin + Gentiana + Orange mit den Nukleolen übereinstimmen, schloß er hieraus nicht nur, daß diese Körnchen aus der Substanz der Nukleolen hervorgehen, sondern bezeichnete die Nukleolen allgemein als diejenigen Bestandteile des

Kernes, aus deren Substanz sich die achromatischen Spindelfasern bilden. Uebrigens giebt er nicht an, daß er ähnliche Körnchen auch bei anderen Pflanzen beobachtet hätte, und führt außerdem für seine neueste Ansicht nur noch die Thatsache an, daß sowohl die Nukleolen als auch die achromatischen Spindelfasern in konzentrierter Salzsäure unlöslich sind.

5) Beziehungen zu den Centrosomen. Von KARSTEN (III) wurde auf Grund von Beobachtungen an *Psilotum triquetrum* angenommen, daß die Centrosomen aus den Nukleolen hervorgehen können. Nach den neueren Untersuchungen von GUIGNARD (V) kann wohl aber kein Zweifel mehr darüber bestehen, daß zum mindesten für die von KARSTEN beschriebenen Fälle derartige Beziehungen nicht bestehen. Dasselbe dürfte auch wohl von den Beobachtungen gelten, die MANN (I, 380) an den Endospermkernen von *Myosurus* gemacht hat.

Außerdem scheinen mir nun aber auf Pflanzenzellen bezügliche Angaben über die Entstehung der Centrosomen aus den Nukleolen nur noch von LAVDOWSKY (I, 373) vorzuliegen. Wie bereits S. 41 erwähnt wurde, sollen nach den Beobachtungen dieses Autors bei den ruhenden Kernen die Centrosomen in den Vakuolen des Nucleolus enthalten sein und während der Karyokinese durch Auflösung der übrigen Nukleolarmasse in Freiheit gesetzt werden. Ein näheres Eingehen auf diese Annahme scheint mir nach dem a. a. O. Bemerkten überflüssig.

6) Beziehungen zur Membranbildung. Nach STRASBURGER (VII, 136, 188) sollen die Nukleolen bei der Bildung der Zellmembran eine Rolle spielen. Der genannte Autor stützt diese Annahme darauf, daß bei manchen Pflanzen der Kernsaft nach Auflösung der Nukleolen tinktionsfähig werden soll. Da jedoch STRASBURGER nicht einmal bei allen von den wenigen bisher in dieser Hinsicht geprüften Pflanzen das Eintreten der Tinktionsfähigkeit des Zellsaftes mit der Auflösung der Nukleolen Hand in Hand gehen sah, so muß eine kausale Beziehung zwischen diesen beiden Prozessen zum mindesten zweifelhaft erscheinen, und es scheint mir somit überflüssig, auf die diesbezüglichen Spekulationen STRASBURGER's näher einzugehen.

7) Verhalten der Nukleolen während der Synapsis. Von STRASBURGER (VIII, 481) waren bereits bei verschiedenen Pflanzen in den Pollenmutterzellen vor der Teilung derselben die an der Wandung kugelschalenartig ausgebreiteten Nukleolen beobachtet worden. Allerdings bestritt der genannte Autor, daß diese Körper von den Nukleolen abzuleiten seien, und bezeichnete sie zunächst als Sekretkörperchen, später als Paranukleolen. Im Gegensatz hierzu konnte ich (IV, 8) den Nachweis liefern, daß es sich hier unzweifelhaft um eine Metamorphose des Nucleolus handelt, und daß dieser vor der ersten Teilung im Embryosack ein völlig gleichartiges Verhalten zeigt; l. c. habe ich dies speciell für *Lilium Martagon* angegeben, neuerdings habe ich aber das Gleiche auch bei *Fritillaria imperialis* beobachten können. Wegen der Aehnlichkeit, die Querschnitte durch den in jenem Stadium befindlichen Nucleolus mit einer Mondsichel (vergl. Fig. 36) besitzen, habe ich dasselbe als Sichelstadium bezeichnet.

Fig. 36. Pollenmutterzelle von *Lilium Martagon* mit dem Nucleolus im Sichelstadium. Nach ZIMMERMANN (IV).

Besonders hervorzuheben ist nun aber, daß das Sichelstadium des Nucleolus mit den tiefgreifenden Umlagerungen des Kerngerüstes Hand

in Hand geht, welche zu der Reduktion der Chromosomen führen und bereits S. 57 unter der Bezeichnung Synapsis besprochen wurden. Dies Zusammentreffen macht es jedenfalls sehr wahrscheinlich, daß die im Sichelstadium eintretenden Metamorphosen des Nucleolus eine gewisse Bedeutung besitzen.

Eine merkliche Abplattung des Nucleolus während der Synapsis ist nun aber bisher nur bei *Angiospermen* beobachtet worden, scheint jedoch bei diesen sehr verbreitet zu sein. In anderen Fällen scheint allerdings nur eine Wanderung des Nucleolus an die Peripherie des Kernes stattzufinden. Eine solche wurde von Farmer (II, 481) auch in den Sporenmutterzellen von *Pellia epiphylla* beobachtet.

Erwähnen will ich noch, daß Humphrey (II) das Sichelstadium des Nucleolus mit Kunstprodukten zu identifizieren suchte, die er in den Antheren von *Ceratozamia* auch an den Kernen der Antherenwandung beobachtet hat. Mit Rücksicht auf diese Angabe will ich noch besonders betonen, daß die genannte Erscheinung an meinen Präparaten stets nur in den Sexualzellen und auch stets nur in dem einen Entwickelungsstadium derselben zu beobachten war. Ferner stimmten die von Humphrey beobachteten Zusammenballungen in ihrem tinktionellen Verhalten nicht mit den Nukleolen, sondern mit dem Kerngerüst überein.

Strasburger (XI, 159) erklärt die peripherische Ausbreitung der Nukleolen für eine Folge der durch die Fixierung erzeugten Druckkräfte, ohne aber die Entstehung derselben mechanisch zu erklären oder das Vorhandensein derselben nachzuweisen. Denn wenn auch in diesem Stadium das Chromatin vielleicht etwas leichter zusammenschrumpft, so ist doch nicht ohne weiteres verständlich, wie durch die gleichen Reagentien ein annähernd kugelförmiger Körper in einen solchen, der ungefähr die Gestalt einer halben Hohlkugel besitzt, verwandelt werden soll.

e) Die Krystalloide während der Karyokinese.

Das Verhalten der Zellkernkrystalloide während der Karyokinese wurde bisher nur in einem Falle genauer verfolgt und zwar in der Fruchtknotenwandung von *Melampyrum arvense.* Ich (III, 141) beobachtete hier, daß die Krystalloide, die bei dieser Pflanze sonst nur innerhalb der Kerne angetroffen werden, während der Karyokinese aus den Kernen ins Cytoplasma hineingelangen (vgl. Fig. 37), in dem sie aber nur eine kurze Zeit lang sichtbar bleiben. Noch vor dem vollständigen Verschwinden der im Cytoplasma gelegenen Krystalloide treten in den beiden Tochterkernen aufs neue Krystalloide auf. Ueber das Schicksal der Krystalloidsubstanz lassen sich natürlich aus dieser Beobachtung keine Schlüsse ableiten.

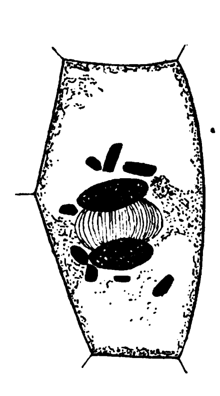


Fig. 37. Zelle aus der Fruchtknoten-Wandung von *Melampyrum arvense,* kurz nach der Kernteilung; Krystalloide im Cytoplasma. Nach Zimmermann (III).

f) Die Kernmembran und die Abgrenzung der Kernteilungsfiguren.

Nach den vorliegenden Untersuchungen kann wohl darüber kein Zweifel bestehen, daß bei den höheren Gewächsen während der mittleren Teilungsstadien der Kerne eine durch irgendwelche Tinktionsmittel oder dergleichen sichtbar zu machende Kernmembran nicht vorhanden ist. Das Verschwinden derselben dürfte allgemein beim Uebergang vom Spirem zum Asterstadium stattfinden. Nach Beobachtungen von Guignard (II, 185) soll dieselbe bei *Lilium Martagon* in der Nähe der Centralkörper beginnen.

Auf der anderen Seite wird nun aber trotzdem von verschiedenen Autoren die Ansicht vertreten, daß die Selbständigkeit des Kernes während des ganzen Verlaufes der Karyokinese gewahrt bleiben sollte. Zur Unterstützung dieser Ansicht wurden zunächst Beobachtungen von PFITZNER (I u. II) angeführt, nach denen es möglich sein sollte, durch successive Behandlung mit 0.1-proz. Osmiumsäure und MÜLLER'scher Flüssigkeit oder 1-proz. Natriumsulfatlösung die Grundmasse des Kernes zu fixieren und bei Anwendung dieser Methode während des gesamten Verlaufes der indirekten Kernteilung eine scharfe Abgrenzung der Kernfiguren zu beobachten. Daß es sich bei diesen Figuren nicht einfach um gequollene Chromosomen handelte, schloß PFITZNER daraus, daß es ihm möglich war, an derartigen Präparaten durch Hämatoxylin die unveränderten Chromosomen sichtbar zu machen. Die Angaben PFITZNER's fand ZACHARIAS (XI), der übrigens das Fehlen einer geschlossenen Kernmembran für die mittleren Kernteilungsstadien zugiebt, bei der Untersuchung von Epidermiszellen von *Tradescentia* bestätigt. Von F. TANGL (I) wurde dagegen gezeigt, daß die von PFITZNER beobachteten Kernfiguren in Wirklichkeit die gequollenen Chromosomen darstellen, daß dieselben aber bei der Färbung mit Hämatoxylin wieder zu der ursprünglichen Gestalt zusammenschrumpfen. Es kann somit den betreffenden Beobachtungen von PFITZNER und ZACHARIAS keine Beweiskraft zugesprochen werden. Andererseits ist jedoch unzweifelhaft zuzugeben, daß auch nach Auflösung der Kernmembran der zuvor von dem Kern eingenommene Raum bei der Untersuchung von lebenden Objekten sowie von fixierten und gefärbten Präparaten sich durch abweichende Lichtbrechung und Struktur von der übrigen Masse des Cytoplasmas unterscheidet.

Gegen eine vollkommene Durchdringung der Kernhöhle mit Cytoplasma sprechen auch einige von ZACHARIAS (XI) angeführte mikrochemische Reaktionen, namentlich das Verhalten gegen Magensaft.

Daß aber andererseits während der Karyokinese häufig ein Uebertritt geformter Elemente aus dem Kern in das Cytoplasma stattfindet, geht speciell für die Pflanzenzellen aus dem S. 65 u. 70 über die Wanderungen der Nukleolen und Krystalloide Gesagten hervor.

g) Das Cytoplasma während der Karyokinese und die Bildung der Zellmembran.

Während der Karyokinese beobachtet man sowohl in tierischen als auch in pflanzlichen Zellen in der Umgebung des Kernes faserige Strukturen, und zwar scheinen dieselben in den meisten Fällen wie die achromatische Kernfigur zu den Centralkörpern in direkter Beziehung zu stehen. Die von diesen ausgehenden, cytoplasmatischen Strahlungen werden gewöhnlich als Polstrahlungen bezeichnet.

Nicht selten scheinen aber auch cytoplasmatische Strahlungen unabhängig von den Centralkörpern zu entstehen. So giebt speciell GUIGNARD (II) an, daß er verschiedentlich vor dem Auseinanderweichen der Centralkörper im Cytoplasma radiale, den Kern umgebende Strukturen beobachtet hat, die keine Beziehungen zu jenen erkennen ließen (vergl. Fig. 19, S. 50).

Anhäufungen von hyalinem Plasma um die in den Anfangsstadien der Teilung stehenden Kerne wurden von ROSEN (III) in den Wurzelspitzen der *Hyacinthe* beobachtet. Dieselben bilden zunächst eine den

ganzen Kern einhüllende Schicht, später konzentrieren sie sich aber zu zwei die beiden Kernpole umgebenden Kappen.

Erwähnen möchte ich ferner noch an dieser Stelle, daß nach den Beobachtungen von FLEMMING (VII, 695) das Cytoplasma während der Karyokinese ganz allgemein eine innere Veränderung erfahren soll, die sich namentlich in einer größeren Dunkelung bei Behandlung mit dem Osmiumgemisch offenbart. Zeitlich soll diese Erscheinung, die übrigens bei Pflanzenzellen noch nicht beobachtet wurde, mit dem Verschwinden der Nukleolen zusammenfallen.

Mit Vollendung der Kernteilung verschwinden allmählich auch die cytoplasmatischen Strukturen. Schließlich sind gewöhnlich nur noch zwischen den beiden Tochterkernen fädige Elemente sichtbar, die gewöhnlich als Verbindungsfäden bezeichnet werden. Der von diesen eingeschlossene Raum hebt sich meist durch abweichende Lichtbrechung und Struktur von dem umgebenden Cytoplasma scharf ab und kann in späteren Stadien auch von den Tochterkernen durch zwischentretendes Cytoplasma ganz getrennt werden. Er besitzt in der Regel eine annähernd tonnenförmige Gestalt und wurde von ERRERA (II, 397) wegen seiner Beziehungen zur Membranbildung als Phragmoplast, von ZACHARIAS (XI) als Mutterkernrest bezeichnet.

Ueber die Entstehung der Verbindungsfäden sei erwähnt, daß von BERTHOLD (III, 202) die Ansicht vertreten wurde, daß dieselben zu den Spindelfasern der achromatischen Kernfigur in gar keiner Beziehung stehen sollten. Daß aber die Angaben dieses Autors den Thatsachen nicht entsprechen, wurde namentlich von WENT (I, 253) und ZACHARIAS (XI) gezeigt. WENT konnte namentlich dadurch, daß er die betreffenden Objekte mit rauchender Salzsäure behandelte, feststellen, daß die von Pol zu Pol verlaufenden Spindelfasern nach Beendigung der Karyokinese keineswegs verschwinden, sondern in die in der gleichen Weise reagierenden Verbindungsfäden übergehen. ZACHARIAS zeigte ebenfalls, daß der von den Verbindungsfäden eingenommene Raum direkt aus der Kernhöhle des Mutterkerns hervorgeht, und daß die in diesem „Mutterkernreste“ zu beobachtenden Fasern von den Spindelfasern der achromatischen Kernfigur abzuleiten sind.

Andererseits findet nun allerdings sicher nicht selten eine nachträgliche Bildung von Fadensystemen zwischen Kernen verschiedener Abstammung statt. So beobachtete GUIGNARD (VIII), daß nach der ersten Kernteilung der Pollenmutterzellen der *Orchideen* eine Membranbildung ganz unterbleibt, und daß erst zwischen den nach abermaliger Zweiteilung gebildeten 4 Kernen Verbindungsfäden im Cytoplasma sichtbar werden, in deren Mitte schließlich die Membran der Pollenzellen entsteht. Aehnliche Beobachtungen hat STRASBURGER (VI, 158) auch bei der Sporenbildung von *Anthoceros* gemacht. Inwieweit nun aber diese Fadensysteme mit den bei der normalen Karyokinese auftretenden Verbindungsfäden in stofflicher und genetischer Beziehung übereinstimmen, läßt sich aus den zur Zeit vorliegenden Untersuchungen nicht entnehmen. Immerhin ist beachtenswert, daß dieselben bei der Membranbildung die gleiche Rolle zu spielen scheinen wie die echten Verbindungsfäden.

Hinsichtlich der innerhalb des Phragmoplasten stattfindenden Scheidewandbildung, welche die im allgemeinen auf die indirekte Kernteilung folgende Zellteilung bewirkt, sei nun zunächst erwähnt,

daß derselben stets das Auftreten stark lichtbrechender Körperchen in der Medianebene des Phragmoplasten vorausgeht (vgl. Fig. 38). Der Komplex dieser Körperchen, die aus proteïnartiger Substanz zu bestehen scheinen, jedenfalls nicht aus Cellulose, wird gewöhnlich als Zellplatte bezeichnet und giebt genau die Lage der alsbald entstehenden Scheidewand an. Uebrigens beobachtet man eine Zellplatte auch in solchen Fällen, in denen, wie z. B. bei den ersten Teilungen der Endospermkerne, die Ausbildung einer Zellmembran unterbleibt.

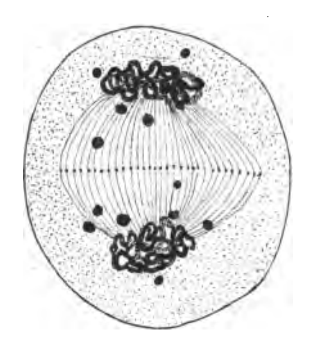
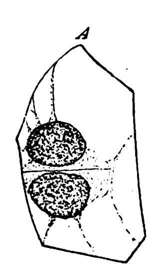


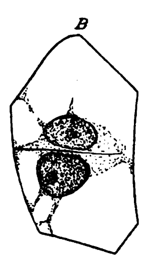
Fig. 38. Pollenmutterzelle von *Lilium Martagon*, in Teilung begriffen. Bildung der Zellplatte. Nach ZIMMERMANN (IV).

Ueber den Ursprung der die Zellplatte zusammensetzenden Körperchen wurden von ZACHARIAS (XI) namentlich an den Wurzelhaaren von *Chara* Untersuchungen angestellt. Nach diesen ist anzunehmen, daß dieselben aus dem Cytoplasma stammen. Daß sie aber, wie von STRASBURGER (XIV, 172) angegeben wird, Anschwellungen der Verbindungsfäden darstellen sollten, hält ZACHARIAS auf Grund seiner Untersuchungen nicht für wahrscheinlich.

Vor der Entstehung der Zellmembran breiten sich nun die Verbindungsfäden gewöhnlich in der Aequatorialebene so weit aus, daß sie allseitig mit der Membran der Mutterzelle in Kontakt gelangen, und es scheint dann jedenfalls in manchen Fällen eine simultane Membranbildung stattzufinden.

In anderen Fällen legen sich dagegen die Verbindungsfäden der Membran der Mutterzelle nur einseitig an. Die Membranbildung beginnt dann an dieser Seite und schreitet allmählich nach der anderen Seite hin fort. Eine solche succedane Membranbildung wurde von TREUB (II) z. B. in den peripherischen Zellen der Samenknospen von *Epipactis palustris* direkt am lebenden Materiale beobachtet. Wie aus Fig. 39, in der 3 verschiedene Stadien dieses Prozesses abgebildet sind, ersichtlich ist, wanderten in diesem Falle gleichzeitig mit dem Wachstum der Scheidewand auch die beiden Tochterkerne nach der entgegengesetzten Seite der Mutterzelle hinüber.





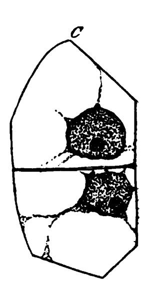


Fig. 39. Zelle von der Oberfläche der Samenknospe von *Epipactis palustris* in 3 Stadien der Teilung, nach lebendem Material gezeichnet. Nach TREUB. Vergr. 550.

Erwähnt sei schließlich noch, daß der Phragmoplast und ebenso die in demselben entstehende Scheidewand in der Regel auf der Achse der vorausgegangenen Kernteilungsfiguren senkrecht steht. Eine Ausnahme bilden in dieser Hinsicht, soweit wir bislang wissen, nur die Rhizoiden der *Moose*, in denen die Achse der Kernteilungsfiguren nach

den Beobachtungen von DE WILDEMAN (III, 19) der Längsachse der Zellen parallel läuft, während nach dem Auseinanderweichen der Tochterkerne eine Schiefstellung des Phragmoplasten und auch eine entsprechende Membranbildung stattfindet.

h) Die Mechanik der Karyokinese.

Da wir über die physikalischen Kräfte, welche die Bewegungserscheinungen des lebenden Protoplasten beherrschen, trotz der namentlich in den letzten Jahren von verschiedenen Autoren in dieser Hinsicht gemachten Bemühungen noch völlig im Unklaren sind, da wir nicht einmal die bei den allereinfachsten Plasmabewegungen, z. B. der Pseudopodienbildung der Amöben [1]), thätigen Kräfte anzugeben vermögen, kann man wohl nicht erwarten, daß es in der nächsten Zukunft gelingen wird, in die Mechanik der bei der Karyokinese sich abspielenden Bewegungen eine klare Einsicht zu gewinnen. So handelt es sich denn auch, wenn trotzdem verschiedene Autoren von der Mitwirkung osmotischer, chemotaktischer oder sonstiger Kräfte bei der Karyokinese reden, um völlig unbewiesene Meinungsäußerungen, die in diesem Buche nicht berücksichtigt werden sollen. Die meisten Arbeiten, welche sich mit der „Mechanik der Karyokinese" befassen, gehen allerdings auf die bei derselben wirksamen Kräfte überhaupt nicht ein oder sie beschränken sich darauf, die Spindelfasern, über deren Konstitution innerhalb der lebenden Zelle wir eigentlich so gut wie nichts wissen, als kontraktile Fäden für die gesamten Plasmabewegungen verantwortlich zu machen. Kontraktile Spindelfasern und Plasmastrahlungen spielen namentlich in den von FLEMMING (VII u. IX), HEIDENHAIN (II) und DRÜNER (I) über die Mechanik der Karyokinese geäußerten Ansichten eine große Rolle. Da aber die Spekulationen dieser Autoren fast ausschließlich an tierische Objekte anknüpfen und auch für diese noch nicht zu irgendwie abschließenden Resultaten geführt haben, so will ich mich an dieser Stelle auf den Hinweis auf die oben citierten Originalarbeiten derselben beschränken.

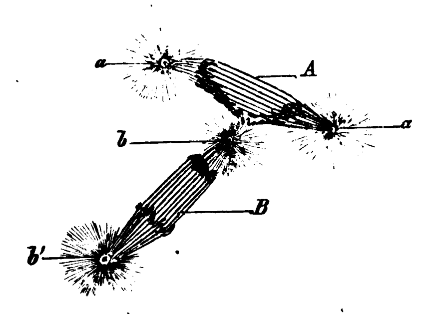


Fig. 40. Zwei Kernspindeln aus dem Dotter einer Forellenkeimscheibe. Nach HENNEGUY (aus O. HERTWIG, I, 197).

Besonders beachtenswert erscheint mir aber für die Mechanik der Karyokinese eine von HENNEGUY (I, 417) gemachte Beobachtung. Der genannte Autor fand nämlich innerhalb eines Forelleneies zwei Kernteilungsfiguren, die die in Fig. 40 abgebildete Orientierung zu einander besaßen. Dieselbe macht es auf alle Fälle sehr wahrscheinlich, daß der Centralkörper *b* auf die der benachbarten Kernfigur (*A*) ange-

1) Die an sich schon wenig begründete Annahme von VERWORN (V), nach der die Pseudopodienbildung durch direkt anziehende Wirkung der in der umgebenden Flüssigkeit enthaltenen Sauerstoffmolekeln bewirkt werden sollte, kann wohl als definitiv widerlegt angesehen werden, nachdem ČELAKOWSKY (I, 223) gezeigt hat, daß im Innern von Plasmodien sauerstoffbedürftige Organismen ihre Bewegungen fortsetzen, und daß somit auch innerhalb derselben stets freier Sauerstoff vorhanden ist.

hörenden Chromosomen eine anziehende Wirkung ausgeübt hat, und daß überhaupt die Centralkörper bei der Karyokinese eine gewisse Attraktion auf die Chromosomen ausüben.

Schließlich erwähne ich noch, daß BÜTSCHLI (V) und HENKING (I) künstlich Strahlenfiguren erzeugt haben, die mit den achromatischen Spindeln und Plasmastrahlungen eine gewisse Aehnlichkeit besitzen. Der erstgenannte Autor beobachtete dieselben zwischen Luftblasen, die in Gelatineölschäume eingeschlossen waren, während HENKING die Strahlenfiguren namentlich in der Weise herstellte, daß er Tropfen von Fixativflüssigkeit auf einen berußten Objektträger fallen ließ. Daß diese Versuche jemals für das Verständnis des karyokinetischen Prozesses Bedeutung erlangen sollten, scheint mir nicht wahrscheinlich.

B. Die direkte Kernteilung oder Kernfragmentation.

Die direkte Kernteilung, die auch wohl als Kernfragmentation oder Amitose bezeichnet wird, ist der Karyokinese gegenüber dadurch charakterisiert, daß während derselben die Struktur des Kernes keine Aenderung erfährt, die Bildung von Chromosomen, Spindelfasern und cytoplasmatischen Strahlungen also ganz unterbleibt. Bei der direkten Kernteilung findet also eine einfache Zerteilung des Mutterkernes in die beiden Tochterkerne statt. Uebrigens scheint diese Zerteilung nur selten, bei den Pflanzen vielleicht überhaupt nicht durch eine einfache Durchschnürung des Mutterkernes bewirkt zu werden, vielmehr scheint dieselbe nach den zur Zeit vorliegenden Untersuchungen gewöhnlich in der Weise vor sich zu gehen, daß der Mutterkern sich zunächst in die Länge streckt und sich dann in der Mitte allmählich immer mehr verdünnt, so daß die beiden Kernhälften dann nur noch durch ein sehr feines Verbindungsstück verbunden bleiben, das sogar in einen langen Faden ausgezogen sein kann. Durch ein Zerreißen des Verbindungsstückes wird dann schließlich die vollständige Trennung der beiden Tochterkerne bewirkt. Besondere Beachtung verdienen aber noch einige in neuester Zeit gemachte Beobachtungen, nach denen verschiedenartige Uebergänge zwischen direkter und indirekter Kernteilung vorzukommen scheinen. Dieselben sollen am Schluß dieses Abschnittes besprochen werden.

Die von KALLEN (I, 68) beschriebene abweichende Art der direkten Kernteilung, bei der im Mutterkern auftretende Vakuolen bei der Zerlegung desselben eine Rolle spielen sollen, scheint mir noch der Nachuntersuchung bedürftig.

Die Verbreitung der typischen direkten Kernteilung ist nach den zur Zeit vorliegenden Untersuchungen bei den höheren Pflanzen auf solche Fälle beschränkt, in denen mit der Kernteilung keine Zellteilungen mehr Hand in Hand gehen. Im Gegensatz hierzu wird allerdings von LAVDOWSKY (I, 375) angegeben, daß in einzelnen Wurzeln von *Vicia Faba* ausschließlich direkte Teilung der Kerne stattfinden soll. Ich bemerke zu dieser Angabe nur, daß ich in den letzten Jahren gewiß mehr als 100 Wurzelspitzen von *Vicia Faba* zu untersuchen Gelegenheit hatte, aber in keinem Falle Aehnliches beobachtet habe. Da LAVDOWSKY die amitotischen Kernteilungen nicht abbildet, ist es mir aber leider nicht möglich, über die Entstehung der von ihm beobachteten Bilder irgendwelche Vermutungen auszusprechen.

Andererseits findet nun übrigens keineswegs in allen den Fällen, in denen Kernteilung ohne nachfolgende Zellteilung beobachtet wurde, direkte Kernteilung statt. Abgesehen von den mehrkernigen *Thallophyten*

bilden ja speciell die ersten Kernteilungen im Embryosack der Angiospermen typische Fälle von indirekter Kernteilung. Von TREUB (I) wurde ferner nachgewiesen, daß auch in den mehrkernigen Bastzellen und den ungegliederten Milchröhren eine Vermehrung der Kerne durch indirekte Teilung stattfindet.

Dahingegen wurde nun von HEGELMAIER (I, 102 u. II) in den Embryoträgerzellen von *Corydalis*-Arten und zahlreichen *Leguminosen* eine Kernvermehrung durch direkte Teilung nachgewiesen, und zwar sah der genannte Autor (II, 518) bei den *Vicieen* stets zunächst eine Teilung des zuvor bisquitförmig werdenden Nucleolus eintreten. Die beiden Tochterkerne standen ferner vor ihrer vollständigen Trennung häufig noch längere Zeit durch ein schließlich bandförmig werdendes Verbindungsstück in Zusammenhang.

In älteren Parenchym- und Epidermiszellen zahlreicher Gewächse wurden dann von SCHMITZ (III, 179), JOHOW (III) und STRASBURGER (XIII) teils 2 oder mehrere Kerne, teils solche von verschiedenartig gelappter Gestalt, die dann als Stadien der direkten Teilung gedeutet wurden, beobachtet.

PRILLIEUX (I), OLIVIER (I) und TREUB (III) konnten ferner in hypertrophischen Wurzelzellen direkte Kernteilungen nachweisen, während RACIBORSKI (IV, 113) in den unter anormalen Bedingungen auftretenden Riesenzellen von *Basidiobolus* ausschließlich indirekte Kernteilungen beobachtete. Nach JACCARD (I, 20) findet auch in den Zellen der Archegoniumwandung von *Ephedra helvetica* direkte Kernteilung statt.

Ueber die Verbreitung der direkten Kernteilung bei den niederen Gewächsen läßt sich zur Zeit noch kein Urteil abgeben. Mit Sicherheit wurde das Vorkommen derselben bisher nur von JOHOW (I) für die älteren Zellen der *Characeen* nachgewiesen.

Ein besonderes Interesse verdienen aber noch die von GERASSIMOFF (I, 7) mitgeteilten Beobachtungen, nach denen bei *Spirogyra* das Eintreten der direkten Kernteilung künstlich hervorgerufen werden kann. Der genannte Autor beobachtete nämlich, daß die durch plötzliche Abkühlung während der Teilung in ihrer Weiterentwickelung gestörten Kerne sich bei nachheriger Wiedererwärmung häufig durch direkte Teilung vermehrten. Nicht selten blieben auch die beiden in dieser Weise entstehenden Tochterkerne lange Zeit durch eine zarte Brücke von Kernsubstanz miteinander verbunden. Später trat dann wieder normale Karyokinese ein.

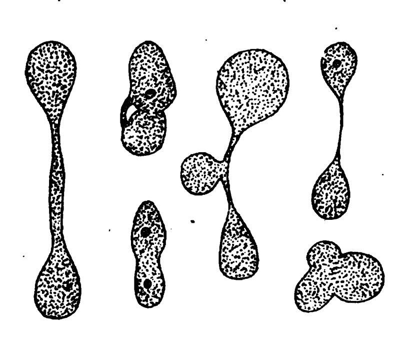


Fig. 41. Kerne aus dem Stengelparenchym von *Tradescantia virginica*. Alkoholmaterial. Vergr. 500.

Hervorheben möchte ich schließlich noch, daß, wie ich (I, 35) bereits früher bemerkt habe, in manchen von denjenigen Zellarten, in denen die direkte Kernteilung angenommen wird, die vermeintlichen Teilungsstadien ungemein häufig angetroffen werden, während doch meist nur sehr wenig Teilungen in denselben stattfinden. So beobachtete ich bei den Mitte Juni untersuchten Mark- und Rinden-

parenchymzellen der basalen Internodien von *Tradescantia virginica* fast ausschließlich in verschiedener Weise gelappte Kerne (vergl. Fig. 41); nur ganz ausnahmsweise waren bereits 2 Kerne in einer Zelle enthalten. Auch in älteren Zellen der gleichen Pflanze beobachtet man nur selten mehr als 3 Kerne, obwohl dielben häufig sogar ein fast traubenförmiges Aussehen haben, wie wenn eine Zerlegung in eine große Anzahl, bis gegen 10 Kerne stattfinden sollte. Man könnte nun allerdings zur Erklärung dieser Beobachtungen die Annahme machen, daß die direkte Kernteilung sich sehr langsam abspielt, wahrscheinlicher scheint es mir aber, daß die vermeintlichen Stadien der direkten Kernteilung überhaupt nicht alle wirkliche Teilungsstadien darstellen, daß vielmehr in den betreffenden Zellen der Kern fortwährenden Gestaltsveränderungen unterworfen ist, die nur selten zu einer wirklichen Teilung führen. Auf alle Fälle wären diesbezügliche Untersuchungen am lebenden Material erwünscht.

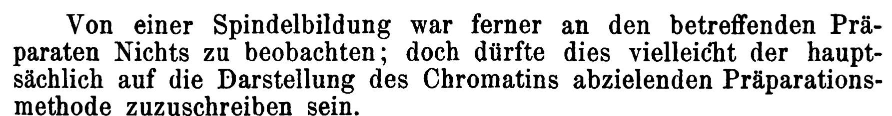
Uebergänge zwischen direkter Kernteilung und Karyokinese wurden in neuester Zeit von DIXON und SARGANT beschrieben; außerdem verdanke ich Herrn Dr. L. BUSCALIONI eine diesbezügliche private Mitteilung.

DIXON (II) beobachtete im Endosperm von *Fritillaria imperialis* neben völlig normalen Kernteilungen solche, bei denen zwar ein Verschwinden der Nukleolen und die Bildung von Chromosomen stattfand, die Auflösung der Kernmembran, die Längsspaltung der Chromosomen und die Bildung der Aequatorialplatte aber unterblieb. Die betreffenden Kerne nehmen allmählich die Gestalt einer Hantel an, und es wird neben dem Verbindungsstück der beiden Tochterkerne eine anscheinend normale achromatische Spindel sichtbar.

Aehnliche Beobachtungen konnte BUSCALIONI an den Endospermkernen von *Vicia Faba* machen. Nur konnte er, wie aus der beistehenden Fig. 42 ersichtlich ist, auch eine Längsspaltung der Chromosomen nachweisen. Auf dieselbe folgt aber nicht, wie bei der normalen Karyokinese, ein Auseinanderweichen der Tochterchromosomen.



Fig. 42. Kern aus dem Embryosack-Wandbelag von *Vicia Faba*. Nach einem Präparat von Dr. L. BUSCALIONI gezeichnet. Vergr. 600.



Von einer Spindelbildung war ferner an den betreffenden Präparaten Nichts zu beobachten; doch dürfte dies vielleicht der hauptsächlich auf die Darstellung des Chromatins abzielenden Präparationsmethode zuzuschreiben sein.

Die Beobachtungen von SARGANT (II) wurden in dem 4-kernigen Embryosack von *Lilium Martagon* an dem dem antipodialen Ende desselben zugekehrten Kerne gemacht. Es bleibt bei diesem zwar während des Zerfalls in die beiden zunächst halbkugelförmigen Tochterkerne die für den ruhenden Kern charakteristische Struktur erhalten, andererseits waren aber auch im Cytoplasma Verbindungsfäden zwischen den Tochterkernen sichtbar.

6. Die Kernverschmelzung.

Eine Kernverschmelzung scheint nach den neueren Untersuchungen ganz allgemein beim Sexualakt der Pflanzen und Tiere stattzufinden und einen zum mindesten sehr wichtigen Teil desselben darzustellen. Für die letztere Annahme spricht namentlich der Umstand, daß in den männlichen Sexualelementen die Kernsubstanz in vielen Fällen so sehr überwiegt, daß häufig angenommen wurde, daß jene lediglich aus den Kernen hervorgehen. Trotzdem scheint es nun aber doch zur Zeit noch nicht endgiltig bewiesen, daß bei dem Sexualakt nicht auch allgemein noch andere Zellbestandteile zur Vereinigung gelangen. Erwähnt sei in dieser Hinsicht nur, daß für die Angiospermen (speciell für *Lilium Martagon*) neuerdings von GUIGNARD (II) angegeben wurde, daß beim Sexualakt gleichzeitig auch eine paarweise Verschmelzung der Centralkörper stattfinden soll. Es ist auch jedenfalls ein Uebertritt weiterer Elemente aus dem Pollenschlauche in die Eizelle nach den vorliegenden Untersuchungen nicht ausgeschlossen. Uebrigens werden wir auf die Beteiligung der Kerne beim Sexualakt der verschiedenen Gewächse im speciellen Teile dieses Buches noch näher einzugehen haben. An dieser Stelle möchte ich dagegen noch diejenigen Fälle zusammenstellen, in denen eine Verschmelzung der Kerne in vegetativen Zellen, resp. unabhängig vom eigentlichen Sexualakt stattfindet.

An erster Stelle erwähne ich in dieser Hinsicht den sogenannten sekundären Embryosackkern, der bekanntlich allgemein durch Verschmelzung von 2 Kernen entsteht, die sich von den beiden Enden des Embryosacks aus aufeinander zu bewegen. Von STRASBURGER (VI, 23) und SOLTWEDEL (I, 374) wurden ferner in verschiedenen Endospermzellen Kernverschmelzungen beobachtet. SOLTWEDEL hat im Endosperm von *Leucojum vernum* sogar Bilder beobachtet, die auf eine Verschmelzung der Kerne während der Karyokinese hindeuten.

Von mehreren Autoren wurde ferner angegeben, daß bei verschiedenen Kryptogamen, so namentlich bei *Vaucheria* und *Saprolegnia*, bei der Bildung der weiblichen Sexualzellen die Verschmelzung zahlreicher Kerne stattfinden sollte. Wie nun aber im speciellen Teile dieses Buches noch ausführlicher erörtert werden soll, wurde durch neuere Untersuchungen festgestellt, daß in den meisten dieser Fälle jedenfalls keine Kernverschmelzung stattfindet.

Dahingegen wurde aber in den letzten Jahren namentlich von DANGEARD (VII—XI) nachgewiesen, daß bei zahlreichen *Pilzen*, den *Ascomyceten*, *Basidiomyceten*, *Uredineen* und *Ustilagineen* der Bildung der Sporen eine Verschmelzung von 2 Kernen vorausgeht. Da ferner bei diesen Pilzen ein echter Sexualakt bisher nicht mit voller Sicherheit nachgewiesen war, so glaubte DANGEARD in dieser Kernverschmelzung den wirklichen Sexualakt entdeckt zu haben. A priori ist ja auch die Möglichkeit nicht in Abrede zu stellen, daß sich der ganze Sexualakt auch im Inneren einer einzigen Zelle abspielen könnte. Ferner ist zu beachten, daß bei den Pflanzen mit konstant zwei- oder mehrkernigen Zellen die Möglichkeit vorliegt, daß die beiden als Sexualkerne gedeuteten Kerne ganz verschiedenen Entwickelungsreihen angehören, während z. B. bei dem typischen Sexualakt von *Basidiobolus ranarum* Kerne miteinander verschmelzen, die sicher in der zweiten

Generation aus dem gleichen Kerne hervorgegangen sind. Bei *Spirogyra* ist es sogar nicht ausgeschlossen, daß Kerne, die unmittelbar von dem gleichen Mutterkerne stammen, bei der Zygosporenbildung miteinander verschmelzen. Die große Konstanz, mit der gerade 2 Kerne bei einer großen Anzahl sehr verschiedener Pilze miteinander verschmelzen, das auf die Verschmelzung folgende starke Wachstum der Kerne und die Zunahme an chromatischer Substanz schien ferner zu Gunsten der DANGEARD'schen Auffassung zu sprechen. Dennoch ist dieselbe, wie im speciellen Teile dieses Buches noch ausführlich erörtert werden soll, durch die von HARPER an *Ascomyceten* gemachten Beobachtungen, durch die an einer anderen Stelle des Entwickelungsganges der genannten Pilze ein typischer Sexualakt nachgewiesen wurde, sehr unwahrscheinlich geworden.

7. Die Physiologie des Kernes.

Da die Forschungen über die Physiologie des Kernes noch in den allerersten Anfangsstadien stehen, so ist es wohl begreiflich, daß es zur Zeit noch nicht möglich ist, eine systematisch geordnete Darstellung von der Funktion desselben im Zellorganismus und von seinen Beziehungen zu den verschiedenen Lebensäußerungen des Gesamtorganismus der Pflanze zu entwerfen. Dennoch schien es geboten, alles das, was namentlich in den letzten Jahren von verschiedenen Autoren in dieser Hinsicht ermittelt wurde, möglichst übersichtlich zusammenzustellen und kritisch zu beleuchten, und zwar wollen wir zunächst diejenigen Untersuchungen besprechen, welche den Einfluß, den äußere Bedingungen teils auf den ruhenden, teils auf den in Teilung begriffenen Kern ausüben, zum Gegenstande haben. Wir werden in diesem Abschnitte der Reihe nach die Wirkung folgender Agentien zu besprechen haben: Ernährung, Sauerstoffspannung, verschiedene Chemikalien, Wärme, Schwerkraft, Licht, Elektricität und Druckkräfte. Im zweiten Abschnitte dieses Teiles soll dann auf die Funktion des Kernes etwas näher eingegangen werden.

A. Der Einfluss äusserer Bedingungen auf den Kern.

a) Die Ernährung.

Obwohl bisher keine sehr ausgedehnten, experimentellen Untersuchungen über den Einfluß, den die Ernährungsbedingungen auf die Konstitution des Kernes ausüben, angestellt wurden, kann es doch bereits als wahrscheinlich gelten, daß zwischen den verschiedenen Kernbestandteilen, speciell dem Chromatin und den Nukleolen, und der Ernährung gewisse Beziehungen bestehen.

Von BRASS (I) war sogar auf Grund von Untersuchungen, die hauptsächlich an *Infusorien* angestellt waren, die Ansicht ausgesprochen, daß das Chromatin durch Aushungernlassen gänzlich zum Verschwinden gebracht werden könnte.

Nach SCHWARZ (I, 85) findet ferner eine weitgehende Abnahme in der Quantität des Chromatins statt, „wenn die betreffenden Pflanzen sich unter ungünstigen äußeren Bedingungen befanden, speciell wenn sie langsam wuchsen, während bei kräftigem, raschem Wachstum die Chromatinmenge eine größere war“. Auch LAVDOWSKY (I, 413) be-

obachtete bei den Wurzelspitzen von *Vicia Faba* bei der Kultur in schlechter Erde und bei niederer Temperatur ein fast vollständiges Verschwinden des Chromatins.

Bezüglich der Nukleolen liegt eine Angabe von ZACHARIAS (I, 293) vor, nach der bei *Galanthus* die normal mit dem Altern der Blätter eintretende Abnahme der Nukleolarsubstanz durch Verdunkelung beschleunigt wird.

Schließlich ist an dieser Stelle noch zu erwähnen, daß FAIRCHILD (I) in den künstlich isolierten, membranlosen Bläschen von *Valonia* die Kerne immer außerordentlich chromatinarm und nukleolenfrei fand. Er läßt es aber unentschieden, ob dieser Zustand der Kerne einem der ersten Stadien der Teilung entspricht oder vielleicht als eine Folge eines reichlichen Chromatinverbrauches durch den Heilungsprozeß anzusehen ist.

Auf der anderen Seite liegen aber auch einige abweichende Angaben in der Litteratur vor. So sah zunächst JOHOW (II) bei *Nitella* bei dem durch langdauernde Verdunkelung bewirkten Aushungernlassen keine Verminderung des Chromatins eintreten. Ebensowenig konnte ZACHARIAS (I, 293) bei *Spirogyra* durch 14-tägige Verdunkelung eine Abnahme der Nukleolen bewirken. Bei der theoretischen Verwertung dieser Versuche ist jedoch zu beachten, daß durch die Verdunkelung in erster Linie die Menge der vorhandenen Kohlehydrate beeinflußt wird, daß es aber als sehr wohl möglich angesehen werden muß, daß die Kernbestandteile direkt nur durch die Menge der zu Gebote stehenden stickstoffhaltigen Bestandteile beeinflußt werden.

Immerhin sprechen doch auch eine Anzahl von Versuchen, die mit hungernden Tieren angestellt wurden, gegen eine ganz direkte Beziehung zwischen dem Chromatin und der Ernährung. Ich erwähne in dieser Hinsicht, daß RABL (I, 288) an *Salamandern*, die 4 Wochen lang gehungert hatten, keine Abnahme des Chromatins nachweisen konnte. Ferner fand KOSSEL (I) bei quantitativer Bestimmung des Nucleïngehaltes gut ernährter und hungernder Tiere, daß das Nucleïn nur einem sehr geringen Wechsel unterworfen ist. Ebenso konnte KOSSEL (I, 14), als er *Hefe* längere Zeit bei warmer Temperatur in Wasser stehen ließ, nur eine relativ langsame Abnahme des Nucleïns nachweisen.

b) Der Einfluss verschiedener Sauerstoffspannung.

Ueber den Einfluß der gänzlichen Sauerstoffentziehung auf das Verhalten der Kerne wurden zuerst von DEMOOR (I) namentlich mit den Staubfädenhaaren von *Tradescantia virginica* Versuche angestellt. Bei denselben wurde die Sauerstoffentziehung mit dem gleichen Erfolg, teils durch Uebertragen in Wasserstoff, teils durch Luftverdünnung ausgeführt; auch Uebertragung in Kohlensäure wirkte anfangs in der gleichen Weise, später trat aber bei dieser die giftige Wirkung hervor. Der genannte Autor beobachtete nun in dieser Weise, daß durch eine Sauerstoffentziehung, die die Plasmaströmung vollständig zum Stillstand bringt, bei den in Teilung begriffenen Kernen der karyokinetische Prozeß nicht sistiert wird, daß sogar ruhende Kerne in der sauerstofffreien oder wenigstens äußerst sauerstoffarmen Luft die Teilung beginnen können. In beiden Fällen wurde der normale Teilungsprozeß durchlaufen, bis die beiden Tochterkerne vollkommen das Aussehen ruhender Kerne zeigen. Es unterbleibt aber bei Sauerstoffentziehung die Bildung einer Scheidewand zwischen den beiden Tochterkernen,

die durch achromatische Fäden miteinander verbunden bleiben. Wird dann aber wieder sauerstoffhaltige Luft zugeführt, so nähern sich die beiden Tochterkerne einander fast zur Berührung, indem sich gleichzeitig die achromatische Figur in der Aequatorialebene, in der eine feine Granulierung auftritt, bedeutend ausdehnt. Sodann weichen die beiden Kerne wieder auseinander, und es findet in der Aequatorialebene die Bildung der Zellmembran statt.

Vollkommen gleichartige Resultate erhielt DEMOOR ferner mit Leukocyten. Es dauerten bei diesen die amöboiden Bewegungen der Kerne und die Teilung derselben noch an, wenn das Cytoplasma durch die Sauerstoffentziehung bereits vollständig immobilisiert war.

Je nach dem Objekt differierende Resultate erhielt dagegen J. LOEB (I), nach dessen Beobachtungen beim Ei von *Ctenolabrus* bei Sauerstoffentziehung die Furchung unterbleibt, beim Ei von *Fundulus* dagegen stattfindet.

Ueber die Wirkung stärkerer Sauerstoffspannung liegen nur einige mit den Staubfädenhaaren von *Tradescantia* von DEMOOR (I) ausgeführte Versuche vor. Nach diesen trat in einem Strom von reinem Sauerstoff eine Beschleunigung der Kernteilung ein. Bemerkenswert ist ferner, daß bei dieser Teilung nach dem Auseinanderweichen der Chromosomen die achromatische Figur in der Aequatorialebene stark eingeschnürt wird. Später treten in dieser Ebene die zu einer Membran verschmelzenden Mikrosomen auf, und es findet dann unter gleichzeitigem Zusammenrücken der beiden Tochterkerne und unter Ausdehnung der achromatischen Figur ein entsprechendes Wachstum der Scheidewand statt.

Daß Differenzen der Sauerstoffspannung auf die Richtung der Kernteilung von Einfluß sein können, schließt ROSENVINGE (II, 60) aus einigen mit den befruchteten Eizellen von *Fucus spiralis* angestellten Experimenten. Die Richtigkeit der von dem genannten Autor gezogenen Schlüsse vorausgesetzt, würde es aber, wie bei der später ausführlich zu besprechenden Beeinflussung der Kernteilungsrichtung durch das Licht, noch zweifelhaft bleiben, ob in diesem Falle die ungleiche Sauerstoffspannung direkt auf den Kern oder zunächst auf das Cytoplasma oder die Centralkörper einwirkt.

c) Der Einfluss verschiedener Chemikalien.

Ueber den Einfluß, den verdünnte Säuren auf *Algenzellen*, namentlich auf *Spirogyra* spec. ausüben, hat MIGULA (I) Untersuchungen angestellt. Nach diesen wird durch Säuren von gewisser Konzentration Kern- und Zellteilung sistiert, nicht aber das Wachstum der Zellen, so daß die Länge derselben bis auf das 4-fache der normalen heranwachsen kann. Wurden dann aber derartige Zellen in säurefreie Lösungen übertragen, so traten relativ schnell mehrere Zellteilungen nacheinander ein, bis die Zellen wieder ihre normale Größe erreicht hatten.

Ueber den Einfluß, den stimulierend und anästhesierend wirkende Stoffe auf die Kernteilung ausüben, wurden von DEMOOR (I) mit den Staubfädenhaaren von *Tradescantia virginica* einige Versuche angestellt, und zwar operierte derselbe mit Chloroform und Ammoniak. Nach diesen Versuchen wirkt nun das Chloroform sowohl auf das Cytoplasma, als auch auf den Kern zunächst als Stimulans,

sodann anästhesierend und schließlich tötend. Während nun aber das Cytoplasma schon relativ früh anästhesiert und getötet wird, dauert dies beim Kern viel längere Zeit, und ähnlich wie bei der Sauerstoffentziehung (vgl. S. 80) konnte DEMOOR in Zellen, deren Plasma bereits anästhesiert war, das Andauern der Karyokinese beobachten. Bei einer bestimmten Chloroformwirkung war ferner das Plasma bereits vollständig getötet, während der Kern nur anästhesiert war. Durch Uebertragung in reines Wasser konnte dann der Kern wieder aktiviert werden; ob aber innerhalb des getöteten Plasmas noch Fortschritte im Verlauf der Karyokinese eintreten können, wird von dem genannten Autor nicht angegeben.

Bei der Einwirkung von verdünnter Ammoniaklösung beobachtete DEMOOR (I) eine bedeutende Beschleunigung der Plasmabewegung und sah, wie die karyokinetischen Figuren von den lebhaften Plasmaströmen in den verschiedensten Richtungen hin- und her bewegt wurden. Bei längerer Ammoniakwirkung kommt aber das Cytoplasma allmählich zur Ruhe, und es zeigt dann der Kern wieder die normale Orientierung und durchläuft den karyokinetischen Teilungsprozeß in normaler Weise bis zur Membranbildung.

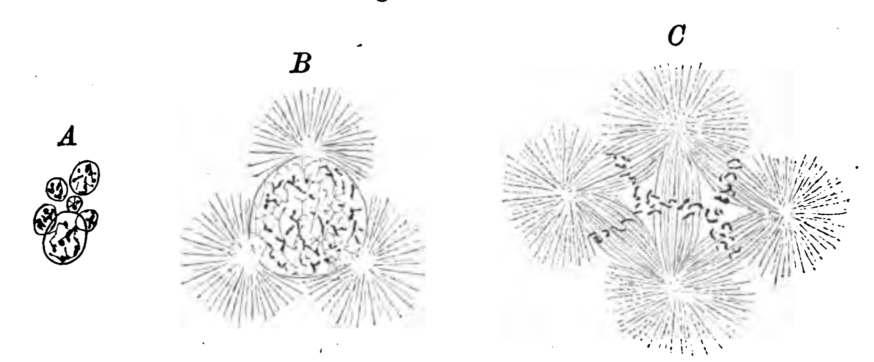


Fig. 43. Kerne von Eiern von *Strongylocentrotus*, welche $1\frac{1}{2}$ Stunden nach der Befruchtung 20 Minuten in einer 0.025-proz. Chininlösung gelegen haben. *A* eine Stunde, *B* etwas später, *C* 2 Stunden nach der Herausnahme aus der Chininlösung getötet. Aus HERTWIG I, 194.

Von den mit tierischen Zellen angestellten Versuchen verdienen zunächst die von O. und R. HERTWIG (I) ein allgemeineres Interesse. Die genannten Autoren ließen namentlich Chininsulfat und Chloralhydrat auf die befruchteten Eier von *Echinodermen* einwirken und konnten beobachten, daß dann von den bereits in Teilung begriffenen Kernen die Polstrahlungen und Spindelfasern wieder vollständig aufgelöst werden, während aus den Chromosomen ein Haufen kleiner Bläschen (vgl. Fig. 43, *A*) entsteht, die nach der Uebertragung in reines Wasser wieder zu einem einheitlichen Kerne verschmelzen. Die Teilung dieses Kernes beginnt dann damit, daß an der Oberfläche desselben 4 Polstrahlungen auftreten, von denen in der Fig. 43, *B* die eine durch den Kern verdeckt wird. Zwischen diesen 4 Polstrahlungen bilden sich dann je nach ihrer Orientierung 3 bis 5 Spindeln (vgl. Fig. 43, *C*), in deren Mitte sich die Chromosomen zu verschiedenartig gestalteten, häufig verzweigten Aequatorialplatten ansammeln. Schließlich findet aber in allen Fällen ein Auseinander-

weichen der Chromosomen nach den 4 Polen und eine gleichzeitige Bildung von 4 Tochterkernen statt, die sich dann normal weiterteilen.

Derartige multipolare Spindeln wurden nun von verschiedenen Autoren an pathologisch veränderten, tierischen Organen beobachtet. So finden sie sich z. B. nach J. SCHOTTLÄNDER in den Endothelzellen der Hornhaut, wenn diese durch Reizung mit Chlorzink zur Entzündung gebracht sind. Weitere derartige Fälle sind von O. HERTWIG (V, 197), der dieselben auf ähnliche Ursachen, wie die oben beschriebenen, zurückzuführen sucht, zusammengestellt.

Von LOEB (II) und DRIESCH (III) wurden schließlich mehrkernige Eier dadurch erzeugt, daß die Konzentration der umgebenden Flüssigkeit künstlich geändert wurde. LOEB zeigte zunächst, daß bei den Eiern von *Arabacia* durch Uebertragung in Meerwasser, das mit Kochsalz versetzt war, die Zellteilung ganz unterblieb, während die Kernteilung andauerte, und zwar verlief dieselbe annähernd so schnell wie in gewöhnlichem Meerwasser. Wurden die mehrkernigen Eier aber dann aus der konzentrierten Lösung in gewöhnliches Meerwasser zurückgebracht, so erfolgte simultane Furchung derselben in so viel Tochterzellen, als Kerne vorhanden waren. Zu ähnlichen Resultaten gelangte DRIESCH (III) durch Uebertragung in verdünntere Lösungen.

d) Der Einfluss der Temperatur.

Der Einfluß, den die Temperatur auf den Verlauf und die Schnelligkeit der Karyokinese ausübt, wurde von DE WILDEMAN (IV) an den Staubfädenhaaren von *Tradescantia virginica* und bei *Spirogyra* und *Cosmarium* untersucht. Es wurde speciell festgestellt, daß das Temperaturoptimum für den karyokinetischen Prozeß bei *Spirogyra* 12° C, bei *Cosmarium* 24° und bei *Tradescantia* 45—46° beträgt.

Daß ferner durch Temperaturerhöhung mehrkernige Zellen erzeugt werden können, wurde von PRILLIEUX (I) nachgewiesen. Dieser beobachtete nämlich, daß die Wurzelparenchymzellen von *Phaseolus* und *Cucurbita* bei starker Erwärmung abnorm groß werden und dann meist auch mehrere Kerne enthalten.

Der Einfluß starker Temperaturerniedrigung auf den Verlauf der Karyokinese und Zellteilung wurde sodann von GERASSIMOFF (I) bei verschiedenen *Conjugaten* untersucht. Für diese hatte STRASBURGER (VI, 171) bereits früher nachgewiesen, daß die normalerweise zwischen 10 und 12 Uhr nachts beginnende Kernteilung durch eine zwischen 0 und 5° C liegende Abkühlung sistiert werden kann und dann bei späterer Erwärmung meist unabhängig von der Tageszeit sofort eintritt. Von GERASSIMOFF (I) wurde nun aber der Einfluß kurz andauernder, starker Temperaturerniedrigung auf bereits in Teilung begriffene Kerne von *Spirogyra, Sirogonium* und *Zygnema* untersucht. Er fand, daß bei diesen je nach dem Stadium, in dem sich der betreffende Kern befand, verschiedene Erscheinungen eintraten. Stand derselbe noch in der ersten Phase der Karyokinese, so kehrte er wieder in das Ruhestadium zurück, um sich dann bald von neuem in normaler Weise zu teilen. Tritt die Abkühlung in den Schlußstadien der Karyokinese ein, so wurde als einzige anormale Erscheinung beobachtet, daß zuweilen in der jungen Scheidewand eine Oeffnung übrig bleibt und daß sich in derselben Auswüchse bilden. Traf nun

aber schließlich die Abkühlung den Kern in einem der mittleren Stadien der Karyokinese, so wird die Teilung zunächst gehemmt, nach Erhöhung der Temperatur wird dieselbe aber entweder in normaler Weise fortgesetzt, oder es tritt eine Rückbildung der Teilungsstadien ein, und es entsteht ein Kern, der vollständig das Aussehen eines ruhenden Kernes besitzt und später meist nach dem Typus der direkten Teilung in zwei Tochterkerne zerfällt. Bemerkenswert ist schließlich noch, daß bei der plötzlichen Abkühlung der in Teilung begriffene Kern häufig etwas seitlich verschoben wird, so daß er ganz auf die eine Seite der in Bildung begriffenen Teilungswand zu liegen kommt. Wird dann bei der Temperaturerhöhung die Scheidewandbildung fortgesetzt, so kommt es häufig vor, daß dieselbe die Mutterzelle in eine kernlose und eine zweikernige, resp. bald durch direkte Kernteilung zweikernig werdende Zelle trennt.

Nach Demoor (I, 209) wird in den Staubfädenhaaren von *Tradescantia,* wenn sie plötzlich auf 3—4° C abgekühlt werden, die Plasmaströmung sofort sistiert, während die karyokinetischen Prozesse zunächst fortschreiten. Ebenso wie bei der Sauerstoffentziehung und der Anästhesierung unterbleibt aber die Bildung einer Zellmembran.

Von den einschlägigen Untersuchungen der zoologischen Litteratur sei zunächst erwähnt, daß Maupas (III) für eine Anzahl von ciliaten *Infusorien* die Schnelligkeit der Zellteilung bei verschiedener Temperatur festgestellt hat.

Der Einfluß, den starke Temperaturerniedrigung auf den karyokinetischen Prozeß ausübt, wurde ferner von O. Hertwig (IV, V u. I, 193) an *Echinodermen*-Eiern untersucht. Wurden diese 15—30 Minuten auf — 1 bis — 4° C abgekühlt, so verschwanden von den in Teilung begriffenen Kernen die Spindelfasern und Polstrahlungen gänzlich, während die Chromosomen unverändert blieben. Wird dann aber die Temperatur wieder erhöht, so treten die Spindelfasern und Polstrahlungen wieder an den gleichen Stellen auf, und der karyokinetische Prozeß wird in normaler Weise fortgesetzt.

Dauert die Kältewirkung dagegen 2—3 Stunden, so verschmelzen die Chromosomen bei nachheriger Erwärmung zunächst miteinander, und es kann dann ein normaler bläschenförmiger Kern rekonstruiert werden. Bei der alsbald eintretenden Teilung desselben wurden aber verschiedene abnorme Vorgänge beobachtet.

e) Der Einfluss der Schwerkraft.

Ob die Schwerkraft jemals einen direkten Einfluß auf die Kernteilung ausübt, kann nach den vorliegenden Untersuchungen noch nicht als sichergestellt angesehen werden. Die einzigen Beobachtungen, welche zu Gunsten einer solchen Annahme sprechen, rühren von Leitgeb (II) und Sadebeck (IV) her, die beide den Einfluß der Schwerkraft auf die Embryoorientierung von *Marsilia* untersuchten. Nach diesen Untersuchungen ist nun die Richtung der ersten Teilungswand, die innerhalb der befruchteten Eizellen auftritt, jedenfalls in erster Linie von der Lage innerhalb des Archegoniums abhängig und verläuft stets so, daß sie die Archegonachse wenigstens annähernd in sich aufnimmt. Werden nun aber die Makrosporen so orientiert, daß die Archegonachsen horizontal verlaufen, so würde die erste Teilungswand offenbar bei jeder beliebigen Neigung zum Horizont die hori-

zontale in sich aufnehmen können. In diesem Falle macht sich aber der richtende Einfluß der Schwere dadurch bemerkbar, daß die erste Teilungswand stets wenigstens annähernd horizontal verläuft, und daß von den so entstehenden Tochterzellen die obere den Cotyledon, die untere die Wurzel liefert. Werden dagegen die Makrosporen so orientiert, daß die Archegoniumachse vertikal verläuft, so zeigt die zuerst entstehende Teilungswand ebenfalls eine vertikale Stellung, und es ist also in diesem Falle die Schwerkraft nicht imstande, den von der Orientierung im Mutterorgan ausgeübten, richtenden Einfluß zu überwinden.

Bei anderen *Pteridophyten* zeigt die erste Teilungswand der befruchteten Eizelle gar keine Abhängigkeit von der Schwerkraftwirkung. Es gilt dies nach den Untersuchungen von LEITGEB (III) und HEINRICHER (III) speciell für die *Polypodiaceen*, auf deren Embryoorientierung außer der Schwerkraft auch das Licht bedeutungslos ist.

Daß bei den *Phanerogamen* die Schwerkraft für die in der Eizelle stattfindenden Kernteilungen und infolgedessen auch auf die Orientierung des Embryos von Bedeutung sein sollte, wird schon dadurch sehr unwahrscheinlich, daß die Samenknospen bei zahlreichen Gewächsen innerhalb der gleichen Blüte in allen nur denkbaren Richtungen zum Erdradius orientiert sind. Bei vielen Pflanzen bewirken ferner die nach der Bestäubung eintretenden Krümmungen der Blütenstiele eine ganz allmähliche Aenderung in der Orientierung zum Erdradius. So haben denn auch die Untersuchungen von VÖCHTING (I, 92), SCHOLTZ (I) und B. SCHMID (I), welche die Beziehungen der Embryoorientierung zur Schwerkraft zum Gegenstande haben, zu einem gänzlich negativen Resultat geführt.

Ebenso scheinen nach den vorliegenden Untersuchungen auch bei den Tieren in keinem Falle direkte Beziehungen zwischen der Kernteilung und der Schwerkraft zu bestehen. Von PFLÜGER (I u. II) wurde allerdings gezeigt, daß die Ebene der ersten Eifurchung beim Frosch zur Lotlinie gewisse Beziehungen zeigt; RAUBER (I) konnte ferner nachweisen, daß die Centrifugalkraft in dieser Hinsicht in der gleichen Weise wirkt, wie die Schwerkraft. Nach den späteren Untersuchungen von PFLÜGER (III), sowie denen von BORN (I), O. HERTWIG (II) und ROUX (I) kann jedoch wohl darüber kein Zweifel mehr bestehen, daß die Schwerkraft in diesem Falle direkt nur auf die Verteilung des specifisch schwereren Dottermaterials einwirkt, und daß die Orientierung der ersten Kernteilung eine durch die ungleiche Beschaffenheit des Cytoplasmas bedingte, sekundäre Erscheinung ist.

f) Der Einfluss des Lichtes.

Daß das Licht auf die Richtung der Kernteilung einen Einfluß ausübt, wurde für die Sporen von *Equisetum* von STAHL (I) nachgewiesen, und zwar verläuft bei diesen die Achse der Kernteilungsfiguren, dem in Fig. 44, *A* dargestellten Schema entsprechend, der durch den Pfeil angedeuteten Einfallsrichtung der Lichtstrahlen parallel. Infolgedessen steht die erste Teilungswand (vgl. Fig. 44, *B*), die die Spore in eine größere dem Lichte zugekehrte Zelle, aus der das Prothallium hervorgeht, und eine kleinere, die erste Wurzelhaarzelle, zerlegt, senkrecht auf der Richtung der Lichtstrahlen. Ob nun aber in diesem Falle das Licht direkt auf den Zellkern einwirkt, oder ob von dem-

selben zunächst das Cytoplasma oder die Centralkörper beeinflußt werden, läßt sich bei unseren mangelhaften Kenntnissen von den zwischen diesen Körpern bestehenden Wechselbeziehungen nicht bestimmen. Zu beachten ist jedoch in dieser Hinsicht, daß das Licht bei den *Equisetum*-Sporen auch auf die Verteilung der Chloroplasten einwirkt, insofern sich diese schon vor Beendigung der Zellteilung vorwiegend in dem dem Lichte zugekehrten Teile der Zelle ansammeln. Ferner ist hervorzuheben, daß die Teilung der *Equisetum*-Sporen, wie ebenfalls von STAHL gezeigt wurde, auch im Dunkeln eintritt, so daß diese also die Fähigkeit besitzen müssen, sich auch ohne Lichtwirkung in zwei ungleiche Zellen zu teilen.

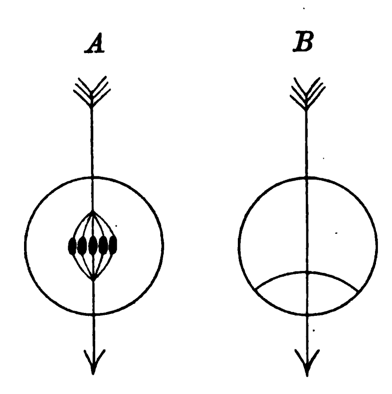


Fig. 44. Schema der Kern- und Zellteilung in *Equisetum*-Sporen bei einseitiger Beleuchtung. Die Pfeile geben die Richtung des einfallenden Lichtes an. Nach STAHL.

Schließlich sei noch erwähnt, daß STAHL durch fortwährende Aenderung des Lichteinfalles bewirken konnte, daß die Teilung der Sporen sehr verlangsamt wurde oder auch ganz unterblieb.

Ein ähnliches Verhalten wie die *Equisetum*-Sporen zeigen ferner nach den Untersuchungen von ROSENVINGE (II) die befruchteten Eizellen verschiedener *Fucaceen*. Doch ist bei diesen die Empfindlichkeit gegen die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen eine verschiedene. Während bei den Eiern von *Pelvetia caniculata* die erste Wand bei einseitiger Beleuchtung, wie bei *Equisetum*, stets senkrecht stand zur Richtung der einfallenden Lichtstrahlen, war bei *Fucus serratus* keine Beeinflussung der ersten Kernteilung durch das Licht nachzuweisen, andere *Fucus*-Arten zeigten ein intermediäres Verhalten. Ob nun aber bei den lichtempfindlichen Arten der Lichtreiz direkt auf den Zellkern wirkt, läßt sich ebensowenig wie bei *Equisetum* mit Sicherheit angeben.

Daß das Licht bei verschiedenen Tieren (*Echinus*, *Planorbis* und *Rana*) auf die erste Teilung des Eies ohne Einfluß ist, wurde von DRIESCH (I) festgestellt. Ebensowenig konnte MAUPAS (III, 255) einen Einfluß des Lichtes auf die Zellteilung der ciliaten *Infusorien* nachweisen.

g) Der Einfluss der Elektricität.

Die Frage, ob der elektrische Strom oder Elektromagneten auf die Orientierung der karyokinetischen Figuren von Einfluß sind, wurde von ERRERA (I) und ROUX (II, 112) untersucht. Beide Autoren erhielten aber gänzlich negative Resultate.

h) Der Einfluss von Druckkräften.

Ueber die Beeinflussung des Kernes durch äußere Druckkräfte liegt in der botanischen Litteratur nur eine kurze Notiz von OLIVIER (I) vor, bei der es sich übrigens wohl unzweifelhaft um eine sekundäre Wirkung der Druckkräfte handelt. Der genannte Autor fand nämlich, daß in Wurzelparenchymzellen von *Vicia Faba*, wenn durch Einschneiden

der Wurzel der auf ihnen lastende Druck vermindert wird, ein abnormes Wachstum mit gleichzeitiger Vermehrung der Kerne eintrat, während die Zellteilung unterblieb. Die Kernvermehrung soll in diesem Falle jedenfalls größtenteils durch Fragmentation stattfinden; karyokinetische Figuren konnten wenigstens nicht beobachtet werden.

In der zoologischen Litteratur liegen ähnliche Angaben von CHABRY (I) vor, der bei den Eiern von *Ascidia* durch Pressen bewirken konnte, daß die Kernteilung normal eintrat, die Zellteilung aber unterblieb.

Eine Beeinflussung der Richtung der Kernteilung durch äußere Druckkräfte scheint bisher nur bei tierischen Zellen beobachtet zu sein, und zwar rühren die ersten diesbezüglichen Versuche von PFLÜGER (III) her. Dieser zwängte Froscheier zwischen 2 parallele Platten und fand dann, daß die Achsen der karyokinetischen Figuren parallel den drückenden Platten orientiert waren, so daß also die Teilungsebenen senkrecht auf denselben standen. Zu dem gleichen Resultate gelangte DRIESCH (II), der in ähnlicher Weise mit Eiern von *Echinus* operierte. ROUX (II) beobachtete ferner, daß Eier von *Rana*, die in enge Kapillarröhren eingesogen waren und sich in diesen zum Teil bis über das Doppelte des Querdurchmessers verlängert hatten, sich quer zur Röhre teilten.

Unwahrscheinlich erscheint es mir nun aber, daß es sich in diesen Fällen um eine direkt mechanische Beeinflussung der Kernteilungsfiguren handelte, wie namentlich BRAEM (I) annimmt, der auch die Orientierung der bei der normalen Eifurchung auftretenden Teilungswände auf Druckkräfte zurückzuführen sucht. Bei der doch jedenfalls vorwiegend zähflüssigen Konsistenz des Eiinhaltes müßen sich diese Druckkräfte doch fast momentan derartig ausgleichen, daß die Druckspannung in allen Richtungen die gleiche ist.

Mechanisch möglich wäre es dagegen, daß die von PFLÜGER (II) angenommene ungleiche Zähigkeit des Protoplasmas bei der Orientierung der Kernteilungsfiguren eine Rolle spielte. Immerhin scheint mir aber doch das Vorhandensein einer solchen ungleichen Zähigkeit noch nicht exakt erwiesen. Die größere specifische Schwere der dotterreichen Partien des Eiinhaltes wird doch wohl in erster Linie durch die heterogenen Einschlüsse desselben bewirkt. So scheint es mir denn auch am meisten berechtigt, die Orientierung der Kernteilungsfiguren in den oben aufgezählten Fällen mit den durch die Druckkräfte bewirkten Deformationen der Protoplasten in Beziehung zu bringen, wie dies namentlich von O. HERTWIG (I, 176) näher ausgeführt wurde.

B. Die Funktion des Kernes.

Von den verschiedenen Ansichten, welche über die Funktion des Kernes aufgestellt wurden, war wohl bis vor einigen Jahren diejenige, nach der derselbe die Zellteilung beherrschen sollte, die am meisten verbreitete, und wollen wir deshalb auch im ersten Abschnitte dieses Teiles etwas näher auf dieselbe eingehen. Im zweiten Abschnitte wollen wir dann die in neuester Zeit immer mehr Beifall findende Ansicht erörtern, nach der der Kern als Träger der erblichen Eigenschaften innerhalb der Zelle zu betrachten ist. Im dritten Abschnitt sollen schließlich die speciellen Untersuchungen über die Wechselbeziehungen zwischen dem Kern und den übrigen Zellbestand-

teilen und über die Bedeutung des Kernes für bestimmte innerhalb des Zellorganismus sich abspielende Prozesse zusammengestellt werden.

a) Die Beziehungen zur Zellteilung.

Daß der Zellkern für die Zellteilung der höheren Gewächse eine gewisse Bedeutung besitzt, wird dadurch sehr wahrscheinlich gemacht, daß die die beiden Tochterzellen trennende Scheidewand eine ganz bestimmte Orientierung zu den karyokinetischen Figuren besitzt. Denn wenn auch, wie bereits S. 73 erwähnt wurde, nach den Beobachtungen von DE WILDEMAN (III) in den Moosprotonemen nach Vollendung der Karyokinese eine Drehung des Phragmoplasten stattfindet, so handelt es sich hierbei doch jedenfalls nur um einen Ausnahmefall, der gegenüber der Unzahl von Fällen, in denen die Scheidewand auf der Achse der Kernteilungsfiguren senkrecht steht, nicht ins Gewicht fallen kann. So scheint es mir denn auch unzweifelhaft, daß bei den höheren Gewächsen Kern- und Zellteilung zwei in irgend einer Weise miteinander verknüpfte Prozesse darstellen, und ich halte schon aus diesem Grunde die namentlich von ERRERA (II) und BERTHOLD (III) gemachten Versuche, die Orientierung der Teilungswände in wachsenden Pflanzenteilen streng mechanisch zu erklären, für unzutreffend. Auf der anderen Seite scheint es mir aber auch zur Zeit nicht möglich, über die Natur des Abhängigkeitsverhältnisses zwischen Zell- und Kernteilung speciellere Angaben zu machen.

Auf der anderen Seite zeigen auch namentlich die an mehrkernigen Zellen, wie z. B. *Cladophora*, gemachten Beobachtungen, daß Zell- und Kernteilung auch unabhängig voneinander verlaufen können. Bei der genannten Alge findet bekanntlich die Bildung der Scheidewand ganz unabhängig von den auch zur Zeit der Zellteilung ungefähr gleichmäßig über den gesamten Protoplasten verteilten, zahlreichen Kernen statt, während auf der anderen Seite die Kerne sich ebenfalls unabhängig von der Zellteilung durch Karyokinese vermehren. Ebenso zeigen nun aber auch die S. 80—84 angeführten Untersuchungen, daß Kern- und Zellteilung auch da, wo sie bei normaler Entwickelung unmittelbar aufeinander folgen, zwei Prozesse darstellen, die durch äußere Agentien ungleich beeinflußt werden, daß speciell die Kernteilung gegen schädliche Einflüsse viel weniger empfindlich ist als die Zellteilung.

Zu dem gleichen Resultate führte auch eine Beobachtung von KEBAHN (II), die an *Oedogonium*-Fäden, die von einem als *Lagenidium syncytiorum* bezeichneten Pilze befallen waren, gemacht wurden. Bei diesen dauert trotz der schädlichen Wirkung des Parasiten Zellwachstum und Kernteilung zunächst ungestört fort, während die Zellteilung unterbleibt. Es entstehen also auch in diesem Falle durch die schädliche Beeinflussung der Zelle mehrkernige Zellen.

b) Der Kern als Träger der erblichen Eigenschaften.

Als Stütze für die Annahme, daß der Kern den Träger der erblichen Eigenschaften darstellt, werden gewöhnlich in erster Linie die bei der sexuellen Fortpflanzung zu beobachtenden Erscheinungen angeführt, und es kann ja auch in der That nach den vorliegenden Untersuchungen nicht bezweifelt werden, daß sowohl bei den Tieren wie bei

den Pflanzen die Verschmelzung des männlichen und weiblichen Kernes als ein sehr wichtiger Prozeß bei dem Sexualakt angesehen werden muß. Unzweifelhaft ist ferner, daß die meisten Spermatozoën durch hohen Nucleïngehalt ausgezeichnet sind. Da aber die Eigenschaften des Vaters auf den Tochterorganismus in der gleichen Weise übertragen werden, wie die Eigenschaften der Mutter, so müssen die Spermatozoën unzweifelhaft für die Vererbung die gleiche Bedeutung besitzen wie die Eizellen.

Fußend auf derartige Beobachtungen, hat man nun ferner auch vielfach die bei der Karyokinese auftretenden Chromosomen als die eigentlichen Träger der erblichen Eigenschaften angesehen. Von Roux (III) wurde ferner die Ansicht geäußert, daß als das eigentliche Endziel der komplizierten Metamorphosen, welche der Kern während der Karyokinese durchläuft, eine möglichst gleichmäßige Teilung der Vererbungssubstanz zu betrachten sei. Verschiedene Autoren haben an diese Hypothese dann noch weitgehende Spekulationen, die aber in diesem Buche unberücksichtigt bleiben sollen, geknüpft.

Etwas specieller eingehen will ich dagegen auf die experimentellen Untersuchungen, welche in den letzten Jahren über die Bedeutung des Kernes für die Fortpflanzung und Vererbung angestellt wurden.

Zunächst sind in dieser Beziehung die Versuche von Rauber (II) zu erwähnen, der zwischen Frosch- und Kröteneiern die Kerne vertauschte. Wenn der Kern allein die Vererbungsfunktionen enthält, so wäre es möglich gewesen, daß sich aus dem mit dem Kröteneikern versehenen Froschei eine Kröte entwickelte. Da aber überhaupt keine Weiterentwickelung der Eier stattfand, so läßt sich aus diesen Versuchen kein positiver Schluß ziehen.

Von O. und R. Hertwig (I) wurde ferner gezeigt, daß beim Seeigel auch kernlose Teilstücke der Eier, die sie durch Schütteln derselben in einem Reagensglas erhalten hatten, von Spermatozoën befruchtet werden können und die ersten Furchungsstadien in der gleichen Weise durchmachen wie die normalen, befruchteten Eier. Von Boveri (I) wurde dann ferner gezeigt, daß die kernlosen Teilstücke des Eies nach der Befruchtung durch ein Spermatozoon sich zu einer Larve zu entwickeln vermögen, die sich von den normalen Larven nur durch geringere Größe unterscheidet.

Außerdem machte Boveri aber auch Bastardierungsversuche und brachte geschüttelte Eier von *Sphaerechinus granularis* mit Sperma von *Echinus microtuberculatus* zusammen. Er erhielt so drei verschiedene Arten von Larven, und zwar trat erstens die normale Bastardform auf, die nach Boveri durch Befruchtung der unverletzt gebliebenen Eier entstanden ist. Zweitens beobachtete der genannte Autor Zwergbastardformen, die sich nur durch geringere Größe von den Larven der ersten Art unterschieden und von den befruchteten, kernhaltigen Teilstücken der Eier hergeleitet wurden. Schließlich beobachtete er aber auch Larven, die abgesehen von der geringeren Größe ganz denen von *Echinus microtuberculatus* glichen. Nach Boveri sind diese durch Befruchtung von kernlosen Teilstücken der Eier entstanden.

Diese Versuche wurden nun aber neuerdings von Seeliger (I) mit sehr abweichendem Erfolg wiederholt. Der genannte Autor fand nämlich, daß die aus ungeschüttelten *Sphaerechinus*-Eiern und *Echinus*-Sperma hervorgehenden Bastarde, wenn man entsprechende Entwickelungsstadien vergleicht, bereits sehr große Verschiedenheiten zeigen,

und daß bei der Befruchtung vorher geschüttelter Eier, abgesehen von zahlreichen Monstrositäten und Zwergformen, im wesentlichen die gleichen Verhältnisse angetroffen wurden. SEELIGER hält es denn auch auf Grund seiner Beobachtungen für sehr unwahrscheinlich, daß ein Teil dieser Bastardlarven wirklich aus kernlosen Eizellen hervorgegangen sein sollte.

Wollte man nun aber auch annehmen, daß die BOVERI'sche Deutung der betreffenden Versuche die richtige wäre, so würde aus denselben noch nicht zu folgern sein, daß die Kerne als die alleinigen Träger der erblichen Eigenschaften angesehen werden müßten. Von VERWORN (I, 77) wurde bereits darauf hingewiesen, daß mit dem Spermatozoon stets gleichzeitig auch Cytoplasma in die kernlosen Teilstücke der Eier übertritt und daß es sich bei den Versuchen BOVERI's sehr wohl um eine der Parthenogenese entsprechende Entwickelung des Spermatozoons handeln könnte, bei der das Cytoplasma der Eizelle etwa nur als günstiger Nährboden funktionierte.

c) Die Wechselbeziehungen zwischen dem Kern und den übrigen Zellbestandteilen.

Nach den teils an tierischen, teils an pflanzlichen Objekten gemachten Beobachtungen kann darüber kein Zweifel bestehen, daß der Kern für die normale Entwickelung der Zellen notwendig ist, daß kernfreie Teilstücke der Zelle ausnahmslos nach längerer oder kürzerer Zeit zu Grunde gehen.

Der erste, der eine solche Beziehung zwischen den Kernen und der Lebensfähigkeit künstlich geteilter Plasmamassen nachzuweisen suchte, war wohl BRANDT (I, 30), der mit den vielkernigen Zellen von *Actinophrys Eichhornii* diesbezügliche Experimente anstellte. Von SCHMITZ (VI, 305) wurde dann nachgewiesen, daß auch bei den vielkernigen *Siphoneen* isolierte Teilstücke der Protoplasten sich nur dann zu neuen Individuen zu regenerieren vermögen, wenn sie mindestens einen Kern enthalten. Aehnliche Versuche wurden auch von HABERLANDT (I, 83) mit *Vaucheria* ausgeführt. GERASSIMOFF (I) konnte ferner kernfreie Protoplasten von *Conjugaten* zwar bis zu 6 Wochen lang am Leben erhalten, schließlich gingen dieselben aber ebenfalls ausnahmslos zu Grunde. Zu im wesentlichen gleichen Resultaten führten schließlich auch die von NUSSBAUM (I), GRUBER (III u. IV) und BALBIANI (II) an verschiedenen tierischen Organismen ausgeführten Untersuchungen.

Auf der anderen Seite wurde nun aber von verschiedenen Autoren der Nachweis geliefert, daß auch der Kern ohne das Cytoplasma auf die Dauer nicht existenzfähig ist. Allerdings geht der Kern nach der Trennung vom Cytoplasma keineswegs immer sofort zu Grunde. So wurde von ACQUA (I, 34) nachgewiesen, daß die generativen Kerne der Pollenschläuche, ganz vom Cytoplasma isoliert, sich in Zuckerlösungen noch mehrere Tage am Leben erhielten, was einerseits daraus ersehen werden konnte, daß sie Methylenblau nicht speicherten, und andererseits daraus, daß sie sich bei Konzentrationsveränderungen der umgebenden Flüssigkeit noch ausdehnten oder zusammenzogen. Auch VERWORN (I, 53 u. 72) konnte bei verschiedenen Meeresprotisten die isolierten Kerne längere Zeit lang am Leben erhalten. In keinem

Falle konnten aber irgendwelche Regenerationserscheinungen an den isolierten Kernen beobachtet werden.

Es kann somit als feststehende Thatsache angesehen werden, daß zwischen den Kernen und dem Cytoplasma die innigsten Beziehungen bestehen und daß beide einer selbständigen Entwickelung unfähig sind. Verschiedene Beobachtungen machen es nun aber auch wahrscheinlich, daß es sich in diesem Falle nicht nur um dynamische Wirkungen handelt, daß vielmehr auch ein Stoffaustausch zwischen Kern und Cytoplasma stattfindet. Daß es sich hierbei nicht nur um gelöste Stoffe handelt, geht wohl am besten aus dem S. 65 und 70 über das Verhalten der Nukleolen und Krystalloïde während der Karyokinese Gesagten hervor. Außerdem ist übrigens auch in der zoologischen Litteratur eine Anzahl von Beobachtungen beschrieben, nach denen geformte Elemente des Kernes in das Cytoplasma übertreten sollen. Da ich aber mit den betreffenden Objekten zu wenig bekannt bin, will ich mich darauf beschränken, in dieser Hinsicht auf die einschlägigen Arbeiten von Ogata (I), Stolnikow (I), Baum (I), Löwit (I) und Verson & Bisson (I) zu verweisen.

Außerdem wurde nun aber der Kern mit verschiedenen speciellen physiologischen Vorgängen in Zusammenhang gebracht, und wir wollen nun die mit diesen einzelnen Prozessen in Beziehung stehenden Arbeiten der Reihe nach besprechen:

1) Stärkebildung und Assimilation. Bezüglich der Fähigkeit der Stärkebildung soll nach Klebs (II u. III) zwischen den verschiedenen Gewächsen eine gewisse Verschiedenheit bestehen, insofern bei den untersuchten Algen, wie speciell für die *Conjugaten* neuerdings von Gerassimoff (I) bestätigt wurde, auch die kernfreien Stücke des Protoplasten am Lichte der Assimilation und Stärkebildung fähig sein sollen, während in den Blättern von *Funaria hygrometrica* innerhalb der kernfreien Plasmaportionen keine Stärkebildung nachgewiesen werden konnte. Daß übrigens die kernfreien Protoplasmateile der *Funaria*-Blätter der Assimilation fähig sind, geht aus Beobachtungen, die Haberlandt (I, 117) mit Hilfe der Engelmann'schen Bakterienmethode angestellt hat, mit Sicherheit hervor; dagegen bestätigt der genannte Autor, daß die betreffenden Blätter der Stärkebildung unfähig seien.

2) Membranbildung und Membranwachstum. Eine gewisse Beziehung zwischen dem Zellkern und den Regenerationserscheinungen war zuerst von Tangl (III, 26) angenommen, der an Zwiebelschalen die Beobachtung machte, daß die normal in der Mitte der Zellen liegenden Kerne bei künstlichen Verwundungen in den an die Wunden grenzenden Zellen, sowie in den folgenden 3—5 Zellschichten sich nach den den Wundflächen zugekehrten Wänden hinbewegen. Auf Grund eingehenderer Untersuchungen hat sodann Haberlandt (I) gewisse Beziehungen zwischen dem Wachstum der Zellmembran und dem Zellkern angenommen, und zwar hat er auf dieselben speciell aus der Lage des Kernes in solchen Zellen, die eine ungleiche Membranverdickung oder ein lokalisiertes Flächenwachstum zeigten, geschlossen. Er fand, daß hier der Kern den stärker wachsenden Partien im allgemeinen mehr oder weniger genähert war. Uebrigens beobachtete er auch einige Ausnahmen von dieser Regel, und es scheint

mir überhaupt sehr mißlich, aus derartigen Beobachtungen physiologische Schlüsse zu ziehen.

Wenn ferner HABERLANDT (I, 88) bei *Vaucheria* speciell an Wundstellen eine Ansammlung von Kernen beobachtete, so ist dem entgegenzuhalten, daß bei der gleichen Alge nach den Beobachtungen von OLTMANNS (II, 398) die vorderste Spitze der Zellen stets frei ist von Kernen, und daß diese auch zu der Bildung der die Oogonien abgrenzenden Scheidewand nicht die geringste Beziehung zeigen.

Zuverlässigere Resultate werden in dieser Hinsicht unzweifelhaft mit Hilfe der experimentellen Methode erlangt, und es sind in dieser Hinsicht in erster Linie die von KLEBS (III) ausgeführten Untersuchungen zu nennen, die zu dem Ergebnis führten, daß die Membranbildung bei verschiedenen Algen an die Anwesenheit des Kernes gebunden ist. Wenigstens beobachtete der genannte Autor an Protoplasten, die bei der Plasmolyse in mehrere Teile zerfallen waren, nur an den kernhaltigen Stücken die Neubildung einer Zellmembran. Nach HABERLANDT (II) gilt das Gleiche auch für verschiedene Haarzellen. Er beobachtete hier, daß durch ungleiche Verdickung der Membran häufig während der natürlichen Entwickelung eine Gliederung des Protoplasten eintrat, und daß dann nur in den kernhaltigen Partien die Bildung neuer Membranschichten stattfand.

Dahingegen beobachtete nun PALLA (I) an isolierten, kernlosen Plasmapartien von Pollenschläuchen, Wurzelhaaren und einigen anderen Objekten unzweifelhafte Membranbildungen, und es wurden diese Angaben auch von ACQUA (I, 24) im wesentlichen bestätigt.

Bezüglich der Abhängigkeit des Membranwachstums von der Anwesenheit des Kernes wurde zunächst von KLEBS (II und III) bei verschiedenen Algen die Beobachtung gemacht, daß durch Plasmolyse isolierte, kernfreie Stücke des Protoplasten nicht mehr zu wachsen vermögen. Dahingegen beobachtete GERASSIMOFF (I) an den kernfreien Zellen der Conjugaten noch ein geringes Längenwachstum. Auch ACQUA (I) konnte in einigen Fällen an kernfreien Plasmamassen, die künstlich aus Pollenschläuchen isoliert waren, ein unzweifelhaftes Membranwachstum beobachten.

3) Atmung. Daß die Atmung von der Anwesenheit des Kernes unabhängig ist, schloß KLEBS (III) aus der Beobachtung, daß in kernfreien Stücken von *Funaria* die Stärke allmählich verschwindet. Zu dem gleichen Schlusse gelangt übrigens auch VERWORN (I, 71) bei ciliaten *Infusorien*, deren kernlose Teilstücke im sauerstofffreien Medium in kurzer Zeit zu Grunde gehen, während sie in ihrem gewöhnlichen Medium noch längere Zeit am Leben bleiben.

4) Bewegungserscheinungen. Daß der Zellkern für die Bewegungserscheinungen des Plasmas nicht erforderlich ist, folgt für die Zellen der höheren Gewächse aus Beobachtungen von PFEFFER (I, 279), der bei Haaren von *Heracleum* und *Trianea* in plasmolytisch gänzlich separierten Plasmamassen die Strömung noch längere Zeit fortdauern sah. HAUPTFLEISCH (I, 215) beobachtete ferner, daß auch in solchen Fällen, wo während der Plasmolyse die Plasmabewegung sistiert war, dieselbe auch in den kernlosen Teilen nach einiger Zeit von neuem wieder begann. Ebenso beobachtete GERASSIMOFF (I), daß in den kernfreien Zellen der *Conjugaten*, die er teils spontan auftreten sah, teils künstlich dadurch erzeugen konnte, daß er die Zellen während

der Kernteilung plötzlich abkühlte und dann wieder erwärmte, die Plasmaströmung andauerte.

Zu ähnlichen Resultaten haben auch die von Hofer (I) und Verworn (I—IV) an *Amoeba Proteus* und verschiedenen anderen Protisten ausgeführten Untersuchungen geführt. Verworn (V) zeigte ferner auch, daß die kernfreien Teilstücke sich auch gegen den galvanischen Strom ebenso verhalten wie die kernhaltigen.

Die kontraktilen Vakuolen können nach den übereinstimmenden Angaben von Gruber (IV) und Hofer (I) auch in kernfreien Stücken des Protoplasten durch Neubildung entstehen.

5) Beobachtungen an tierischen Zellen. Zum Schluß mögen an dieser Stelle noch einige Beobachtungen angeführt werden, die sich auf einige dem tierischen Organismus eigentümliche Funktionen beziehen. In erster Linie erwähne ich die Untersuchungen von Korschelt (I u. II), der, gestützt auf eigene und fremde Beobachtungen, nachzuweisen sucht, daß der Kern speciell bei der Verarbeitung der aufgenommenen Nährstoffe oder der Bildung von Sekreten eine hervorragende Rolle spiele. Korschelt schließt dies namentlich daraus, daß die Kerne in verschiedenen Organen sich bald den Orten, in denen chemische Umsetzungen stattfinden, in toto nähern, bald auch pseudopodienartig gestaltete Fortsätze nach ihnen hin entwickeln. Besonders beachtenswert ist in dieser Beziehung noch, daß an diesen Fortsätzen die scharfe Begrenzung, die der Kern sonst zeigt, mehr oder weniger vollständig fehlen soll. Auch verschiedenartige Strukturveränderungen konnte der genannte Autor bei diesen Kernen nachweisen.

Durch die experimentelle Isolierungsmethode wurde ferner von Balbiani (II) nachgewiesen, daß bei *Infusorien* an den kernfreien Teilstücken die Bildung einer neuen Cuticula an den Wundstellen stets unterbleibt. Ebenso giebt Verworn (II) an, daß kernfreie Stücke von *Foraminiferen*-Zellen nie die geringste Spur einer Kalksekretion zeigen.

Hofer (I) beobachtete ferner, daß bei *Amoeba Proteus* das Anheften an die Unterlage und somit wohl auch die Sekretion des dies Anheften bewirkenden, klebrigen Stoffes unterbleibt. Dahingegen konnte übrigens Verworn (III und I, 63) bei *Difflugia lobostoma* und *Orbitolites* in den ersten Stunden nach der Isolierung der kernfreien Teilstücke noch ein wiederholtes Anheften an die Unterlage beobachten.

Der Einfluß des Kernes auf die Fähigkeit, die aufgenommene Nahrung zu verdauen, wurde von Hofer (I) speciell bei *Amoeba Proteus* studiert. Er fand, daß hier die kernfreien Teile entschieden eine geringere Verdauungsfähigkeit besaßen. Ebenso beobachtete Verworn (I, 29) bei *Thalassicolla pelagica*, daß zwar auch kernfreie Teilstücke lebende Organismen fingen und töteten. Eine vollständige Verdauung derselben fand aber in keinem Falle statt, während diese bei unversehrten Individuen gleichzeitig mehrfach beobachtet werden konnte.

II. Specieller Teil.

In dem speciellen Teile dieses Buches habe ich mich bemüht, alle diejenigen Angaben, welche über das Verhalten der Kerne in den verschiedenen Gruppen des Gewächsreiches vorliegen, zusammenstellen, und zwar soll hierbei namentlich die feinere Struktur und der Teilungsmodus der Kerne, sowie das Verhalten derselben bei der Bildung der Fortpflanzungsorgane berücksichtigt werden. Da ferner die Kerne der höheren Gewächse im allgemeinen besser erforscht sind als die der niederen, will ich in diesem Teile nicht mit den einfachst gebauten Organismen, sondern umgekehrt mit den höchst differenzierten beginnen.

A. Angiospermen.

Daß bei den *Angiospermen* in sämtlichen lebenden Zellen Kerne enthalten sind, ist mit den modernen Präparationsmethoden so leicht nachzuweisen, daß es mir überflüssig erscheint, diejenigen Arbeiten, die sich lediglich mit dem Nachweis der Kerne in den verschiedenen Organen und Gewebesystemen befassen, an dieser Stelle ausführlich zu besprechen. Dahingegen soll auf diejenigen Beobachtungen, in denen auch auf die feinere Struktur und morphologischen Metamorphosen der Kerne in den einzelnen Gewebesystemen Rücksicht genommen ist, etwas näher eingegangen werden, und zwar sollen zuerst die verschiedenen Gewebesysteme der vegetativen Organe und dann die Fortpflanzungsorgane besprochen werden.

a) Vegetative Organe.

1) Die Meristeme und die Gewebedifferenzierung. Bei verschiedenen, wachsenden Pflanzenteilen wurden von SCHWARZ (II) Messungen über die Größe der Zellkerne angestellt. Danach sollen dieselben zunächst an Größe zunehmen und in den sich nicht mehr teilenden, aber lebhaft wachsenden Zellen ihre bedeutendste Größe erreichen. Uebrigens soll das Maximum der Kerngröße nicht mit einem bestimmten Stadium der Zellstreckung zusammenfallen. Bezüglich der feineren Struktur der betreffenden Kerne gelangte SCHWARZ (I, 82) zu der Ueberzeugung, daß dieselbe anfangs unverändert bleibt, daß aber später eine entschiedene Abnahme der chro-

matischen Kernbestandteile stattfindet. Die Nukleolen sollen nach SCHWARZ (II) zunächst ebenfalls an Größe zunehmen. Das Maximum des Nukleolarvolumens soll aber vor der Zone liegen, in der der Kern sein Maximum erreicht. In vielen Fällen soll gerade dann die bedeutendste Verkleinerung des Nukleolarvolumens eintreten, wenn der Kern sein Volumen am stärksten vergrößert.

Nach den neueren Untersuchungen von ZACHARIAS (XIV u. XV) und ROSEN (III) verhalten sich aber in dieser Beziehung die Meristeme je nach der zu bildenden Gewebeart verschieden.

ROSEN konnte speciell durch Untersuchung verschiedener Wurzelspitzen feststellen, daß das durch die Fuchsin-Jodgrünfärbung nachgewiesene Chromatin speciell in den Wurzelhaubenzellen und bei der Ausbildung der Rhaphidenschläuche und Gefäße eine Verminderung erfährt, während im Gegensatz hierzu die teilungsfähig bleibenden Zellen des Pericambiums und diejenigen, aus denen sich später der Cambiumring bildet, durch hohen Chromatingehalt ausgezeichnet sind. Hinsichtlich der Nukleolen giebt ROSEN an, daß dieselben in den Wurzelhaubenzellen eine bedeutende Abnahme zeigen, während in den Rhaphidenzellen und Gefäßgliedern eine bedeutende Volumzunahme der Nukleolarsubstanz eintrat.

ZACHARIAS (XIV) beobachtete bei den in Ausbildung begriffenen Siebröhren und Gefäßgliedern, daß die Nukleolen und das Kerngerüst zunächst an Masse zunehmen, vor Ausbildung der betreffenden Organe aber wieder abnehmen. Ferner beobachtete ZACHARIAS (XIV, 239 u. XV, 105) an den jungen Blättern von *Hyacinthus* und *Galanthus*, daß die Kerne der Spaltöffnungsmutterzellen und der jungen Schließzellen kleiner und mit erheblich kleineren Nukleolen versehen, aber prozentisch viel nucleïnreicher sind als die der umgebenden Epidermiszellen.

2) Die Siebröhren. Für die ausgebildeten Siebröhren wird ziemlich allgemein angenommen, daß ihnen echte Zellkerne fehlen. Nach den Beobachtungen von E. SCHMIDT (I, 461) soll sogar bei *Victoria regia* eine gänzliche Auflösung des Kernes schon in einer Zeit eintreten, in der die betreffenden Siebröhren noch nicht ihre definitive Größe erreicht haben.

Andererseits liegen allerdings auch einige abweichende Angaben in der Litteratur vor. So giebt GUIGNARD (X) in einer kurzen Mitteilung an, daß er in den Siebröhrengliedern von *Vitis* und *Cucurbita* Kerne beobachtet habe. Dieselben sollen bald der Seitenwandung, bald den Siebfeldern anliegen.

LECOMTE (I, 284) beobachtete ferner Zellkerne wiederholt in den völlig ausgebildeten Siebröhren von *Cucurbita, Impatiens, Vitis* und *Macropiper*. Bei *Vitis vinifera* sah LECOMTE (I, 276) im Kern der jungen Siebröhren glänzende Kugeln auftreten, die später aus den immer undeutlicher werdenden Kernen in das Cytoplasma gelangen sollen.

In den Siebröhren von *Urtica dioica* wurden von A. FISCHER (II) eigenartige, scheibenförmige Inhaltskörper beschrieben, in denen er Reste des Zellkernes vermutet. ZACHARIAS (XIV, 225) zeigt jedoch, daß sie in ihrer Struktur keine Uebereinstimmung mit den Kernen der betreffenden Pflanze besitzen, und hält es auch nicht für wahrscheinlich, daß sie aus diesen hervorgehen. Auf der anderen Seite hält es jedoch auch ZACHARIAS für sehr wohl möglich, daß die Kerne in

den Siebröhren allgemein erhalten bleiben und sich nur infolge ihrer Substanzarmut der Beobachtung entziehen.

3) Milchröhren und Sekretzellen. In den gegliederten und ungegliederten Milchröhren sind nach den übereinstimmenden Angaben von TREUB (I), KALLEN (I), E. SCHMIDT (I), CALVERT (I) und CALVLRT & BOODLE (I) stets zahlreiche Zellkerne enthalten, und zwar sind dieselben auch noch nach der vollständigen Ausbildung der betreffenden Organe nachzuweisen. Nach ZANDER (I, 15) soll allerdings bei *Lactuca virosa* in den älteren Milchröhren eine allmähliche Auflösung der Kerne stattfinden. Er schließt dies namentlich daraus, daß er Kerne beobachten konnte, die von Löchern und Kanälen durchsetzt waren, „welche lebhaft an die Korrosionserscheinungen der Stärkekörner bei der Keimung erinnerten".

Für die ungegliederten Milchröhren wurde von TREUB (I) der Nachweis geliefert, daß die Vermehrung derselben durch indirekte Teilung stattfindet.

Nach E. WEISS (I, 247) enthalten die Kautschuk führenden Zellen von *Eucommia ulmoides*, obwohl sie eine beträchtliche Länge erreichen und vom Verf. als Vorstufen in der phylogenetischen Entwickelung der Milchsaftgefäße aufgefaßt werden, stets nur einen Kern. Diese Zellen bleiben übrigens stets unverzweigt und entstehen auch im Gegensatz zu den Milchsaftgefäßen der *Euphorbiaceen* in allen neuangelegten Organen durch Neubildung.

b) Die Fortpflanzungsorgane.

1) Die Entstehung und Keimung der Pollenkörner. Die Pollenkörner der *Angiospermen* gehen bekanntlich durch zweimalige Zweiteilung oder simultane Vierteilung aus den Pollenmutterzellen hervor, während diese durch eine je nach der Pflanzenart verschiedene Anzahl von Teilungen aus den sogenannten Pollenmutter- oder Archesporzellen entstehen. Innerhalb der Pollenkörner findet ferner meist schon vor dem Oeffnen der Antheren eine abermalige Teilung statt. Von den so entstehenden Zellen ist nun die eine, die generative Zelle (*g* Fig. 45), meist bedeutend kleiner als die andere, die vegetative (*V* Fig. 45) und wird auch von dieser meist vollständig umhüllt. Uebrigens sind diese Zellen gewöhnlich nicht durch Cellulosemembranen gegen einander abgegrenzt.

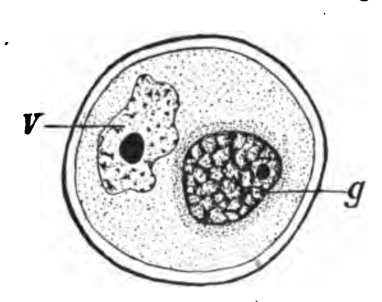


Fig. 45. Pollenkorn von *Fritillaria imperialis*. *V* vegetativer, *g* generativer Kern. Vergr. 1000.

In den durch Auswachsen der vegetativen Zelle entstehenden Pollenschlauch tritt außer dem vegetativen Kerne auch die generative Zelle hinein und zwar kann dies, wie in Fig. 46 *A* für *Lilium Martagon* dargestellt ist, sogleich beim Beginn der Keimung geschehen. Später schiebt sich dann aber bei *Lilium Martagon* der vegetative Kern an der generativen Zelle vorbei, so daß er dieser bei dem weiteren Wachstum des Pollenschlauches vorausgeht (Fig. 46 *B*). Allgemein findet dann aber im Pollenschlauch noch eine zweite Teilung der generativen Zelle statt (Fig. 46 *C*). Die in den

beiden so entstehenden, generativen Zellen (*g* Fig., 46 *D*) enthaltenen Kerne vergrößern sich dann noch etwas bis zum Moment der Befruchtung, bleiben einander aber stets völlig gleich, obwohl sich, wie im dritten Abschnitt noch näher erörtert werden soll, stets nur einer derselben mit dem Kern der Eizelle vereinigt.

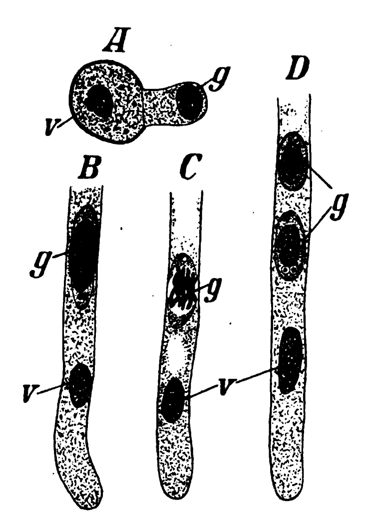


Fig. 46. *Lilium Martagon.* *A* gekeimtes Pollenkorn, *C—D* Spitze des Pollenschlauches in auf einander folgenden Stadien. *v* vegetativer Kern, *g* generative Zelle. Vergr. 200. Nach GUIGNARD (II).

Bezüglich der bei diesen verschiedenen Teilungen auftretenden Kernteilungsfiguren ist nun zunächst hervorzuheben, daß die Reduction der Chromosomen vor der bereits S. 56 eingehend besprochenen ersten Teilung der Pollenmutterzellen stattfindet, daß somit bei der Teilung der Archesporzellen bis zur Bildung der Pollenmutterzellen doppelt so viel Chromosomen vorhanden sind, als bei der Teilung der Pollenmutterzellen und denjenigen, die sich im Pollenkorn und Pollenschlauch abspielen.

Am genauesten wurden diese Zahlenverhältnisse von GUIGNARD (II) bei *Lilium Martagon* untersucht, und zwar wurden hier bei der Teilung der Archesporzellen und den darauffolgenden Teilungen stets 24, bei der Teilung der Pollenmutterzellen, sowie bei der Kernteilung im Pollenschlauch stets 12 Chromosomen beobachtet.

Außerdem wurden von den anbei genannten Autoren folgende Zahlen für die bei der Teilung der Pollenmutterzellen auftretenden Chromosomen festgestellt:

8 Chromosomen wurden beobachtet bei *Allium* (GUIGNARD II, 238 und STRASBURGER VII, 51), *Alstroemeria* (GUIGNARD II, 238 und STRASBURGER VII, 51), *Scilla non scripta* (OVERTON VII, 3) und *Triticum vulgare* (OVERTON VII, 3).

12 Chromosomen bei *Aconitum Napellus* (OVERTON VII, 3) *Chlorophytum Sternbergianum* (STRASBURGER VII, 49; ausnahmsweise in einer Anthere constant 14!), *Fritillaria* (GUIGNARD II, 238), *Helleborus foetidus* (STRASBURGER VII, 51), *Leucojum vernum* (OVERTON VII, 3), *Lilium Martagon* u. a. Arten (GUIGNARD II), *Paeonia spec.* (OVERTON VII, 3), *Tradescantia* (STRASBURGER VII, 51) und *Tulipa* (GUIGNARD II, 238).

16 Chromosomen bei *Convallaria majalis* (STRASBURGER VII, 51), *Cypripedium* (STRASBURGER VII, 241), *Gymnadenia conopsea* (STRASBURGER VII, 240), *Listera ovata* (GUIGNARD II, 239) und *Neottia Nidus avis* (GUIGNARD II, 239).

24 Chromosomen bei *Muscari neglectum* (STRASBURGER VII, 51).

Ein gewisses Interesse verdienen ferner die substantiellen und strukturellen Verschiedenheiten, welche im Pollenkorn zwischen dem generativen und vegetativen Kern vorhanden sind. Von ROSEN (I) wurde in dieser Hinsicht nachgewiesen, daß der generative Kern durch großen Reichtum an cyanophiler Substanz ausgezeichnet ist und nur kleine, erythrophile Nukleolen enthält, die später ganz zu verschwinden scheinen. In dem vegetativen Kerne des Pollenkorns beobachtete ROSEN dagegen sehr große Nukleolen und ein feines, aus unregelmäßigen Maschen zusammengefügtes Kerngerüst, das aus erythrophiler Substanz bestehen soll. ROSEN gelangte zu diesen Resultaten nament-

lich unter Benutzung von Methylenblau und Fuchsin zur Farbendifferenzierung. Im wesentlichen gleiche Resultate erhielt ich nun auch bei Anwendung der Fuchsin-Jodgrün-Methode, nur erwies sich speciell bei *Lilium Martagon* das Kerngerüst des vegetativen Kernes ebenfalls als cyanophil. Dasselbe war aber auch bei dieser Methode demjenigen des generativen Kernes gegenüber durch Substanzarmut ausgezeichnet. Nach ZACHARIAS (XIV, 248) läßt sich übrigens bei *Tradescantia subaspera* durch schwaches Erwärmen in mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnter Essigsäure der größere Nukleïnreichtum des generativen Kernes bereits nachweisen, bevor die beiden Kerne des Pollenkorns die Beschaffenheit ruhender Kerne zeigten.

Als Abweichung von dem oben geschilderten normalen Verhalten wäre zu erwähnen, daß HALSTEDT (I) in den Pollenkörnern von *Sambucus racemosa* 3 Kerne beobachtet hat. Es ist wohl anzunehmen, daß hier die Teilung des generativen Kernes schon innerhalb des Pollenkornes stattfindet, was nach SCHAFFNER (I) bei *Alisma* regelmäßig eintritt.

2) Die Entstehung des Embryosackes und der Eizelle. Bezüglich der Entwickelung des Embryosackes zeigen nach den im wesentlichen übereinstimmenden Untersuchungen von STRASBURGER (XV), A. FISCHER (III), GUIGNARD (IX), TREUB & MELLINK (I) u. a. die verschiedenen Arten der *Angiospermen* ziemlich beträchtliche Verschiedenheiten. Als eine der häufigsten Entstehungsarten des Embryosackes kann jedoch die in Fig. 47 dargestellte betrachtet werden. Wie zunächst Fig. 47, *A* zeigt, findet sich in der ganz jungen Anlage der Samenknospen eine subepidermale Zelle, die durch Plasmareichtum auffällt und vielfach als Archesporzelle bezeichnet wird. Diese zerfällt nun, wie Fig. 47, *B* und *C* erkennen lassen, durch zwei Querteilungen in eine axial orientierte Reihe von 3 Zellen. Von diesen vergrößert sich dann die unterste immer mehr (Fig. 47, *C* u. *D*) und entwickelt sich in der sogleich noch näher zu beschreibenden Weise zum Embrysack, während die oberen Zellen allmählich komprimiert werden und schließlich ganz verschwinden (Fig. 47, *D*).

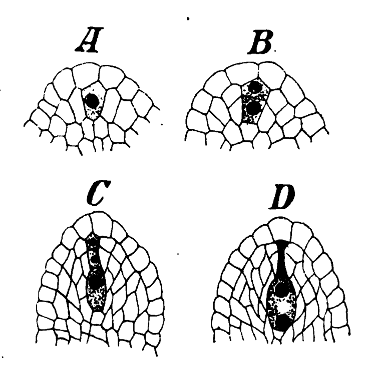


Fig. 47. *Clematis cirrhosa.* Knospenkern in verschiedenen Entwickelungsstadien, die Bildung des Embryosackes aus dem Archespor zeigend. Vergr. 225. Nach GUIGNARD (IX).

Das gleiche Verhalten wie die im obigen als Beispiel gewählte *Clematis* zeigen nun nach den Untersuchungen von GUIGNARD (IX) *Tricyrtis*, *Yucca*, *Iris* u. a., nach FISCHER (III) *Orchis*, *Gymnadenia*, *Allionia*, *Myosurus* u. a. Bei zahlreichen anderen Arten findet dagegen eine abweichende Art der Embryoentwickelung statt. Wir müssen uns darauf beschränken, die wichtigsten dieser Mitteilungen kurz anzuführen.

Wie zuerst von TREUB & MELLINK (I) nachgewiesen wurde, entwickelt sich bei *Lilium* und *Tulipa* die subepidermale Archesporzelle ohne vorherige Teilung zum Embryosack (vergl. auch Fig. 48, *A* u. *B*).

Bei zahlreichen Gewächsen findet nur eine einmalige Teilung der Archesporzelle statt, und es entwickelt sich dann die untere der beiden Tochterzellen zum Embryosack. Dies ist z. B. nach GUIGNARD (IX) bei *Cornucopiae*, *Commelyna* und *Narcissus*, nach FISCHER (III) bei *Chenopodium* und *Sabulina* der Fall.

Ebenso findet nach den Untersuchungen von TREUB (V u. VI) auch bei *Viscum articulatum* in den zu Archesporzellen reduzierten Samenknospen nur eine einmalige Zellteilung statt, während bei *Loranthus sphaerocarpus* die Archesporzellen in 3 Zellen zergliedert werden, von denen sich die oberste zum Embryosack ausbildet. Bei *Viscum album* konnte später JOST (I) nachweisen, daß von den beiden Schwesterzellen des

Archespors sich normalerweise nur die untere durch Austreiben eines langen Fortsatzes in den Embryosack verwandelt. Allgemein bleibt aber auch die obere Schwesterzelle lange Zeit erhalten und kann auch zuweilen ebenfalls in einen langen Schlauch auswachsen. Ob sich aber aus derselben ebenfalls ein funktionsfähiger Embryosack bilden kann, mußte JOST unentschieden lassen.

Bei *Avicennia officinalis* beobachtete TREUB (VII, 80), daß die subepidermale Archesporzelle zunächst durch eine Querwand in zwei Zellen zerlegt wird, von denen die untere zum Embryosack wird, während die obere sich durch eine Quer- oder Längswand nochmals teilt. Die beiden so entstandenen Zellen bleiben nun auffallend lange erhalten und sind häufig sogar noch nach der Befruchtung sichtbar.

Bei sehr zahlreichen Gewächsen findet in beiden Tochterzellen des Archespors eine abermalige Zweiteilung statt und die unterste der so entstandenen 4 Tochterzellen wird zum Embryosack. Nach FISCHER (III) besitzt diese Entstehungsart bei den *Monocotylen* die größte Verbreitung. Nach GUIGNARD (IX) gilt das gleiche auch für die *Gamopetalen.*

Eine Zerlegung des Archespors in 5—6 Zellen wurde von FISCHER bei *Helianthemum*, von KOORDERS (I) bei *Tectona grandis* beobachtet.

Bei *Agraphis patula* wird nach TREUB & MELLINK (I) in der Regel die oberste der beiden aus dem Archespor hervorgehenden Tochterzellen zum Embryosack. Die untere ist ferner zur Zeit der Geschlechtsreife noch erhalten und dann meist mehrkernig.

Bei *Trapella* wird nach OLIVER (I, 87) ebenfalls die oberste der 4 Tochterzellen des Archespors zum Embryosack. Die unterste verlängert sich vor der Befruchtung bedeutend und wächst in das Nucellargewebe hinein.

Mehrere Archesporzellen finden sich nach FISCHER (III) in den Samenknospen von *Helianthemum* und verschiedenen *Rosaceen.* MOTTIER (I) beobachtete das Gleiche bei diversen *Ranunculaceen*, bei *Caltha* soll die Zahl derselben bis zu 5 betragen. Zur vollkommenen Entwickelung gelangte aber auch in diesen Fällen meist nur e i n Embryosack.

Zwei völlig ausgebildete Embryosäcke wurden als Abnormität von TREUB & MELLINK (I, 454) bei *Narcissus Tazetta,* von FISCHER (III) bei *Triglochin* beobachtet.

Ein sehr eigenartiges Verhalten zeigen schließlich die *Casuarineen* und verschiedene *Amentaceen.* Für die ersteren wurde von TREUB (IV) nachgewiesen, daß sie in den jungen Samenknospen ein aus mehreren Hunderten von Zellen bestehendes s p o r o g e n e s G e w e b e einschließen. Zahlreiche von diesen Archesporzellen gliedern sich dann durch Querwände in Zellreihen, von denen einzelne sich zu Embryosäcken ausbilden, während andere steril bleiben und aufgelöst werden. Andere Archesporzellen bleiben dagegen ungeteilt und werden in Tracheïden umgewandelt. Es können bei *Casuarina* über zwanzig Embryosäcke mehr oder weniger vollständig zur Entwickelung gelangen. Befruchtet wird von denselben aber stets nur einer.

Aehnliche Beobachtungen wurden von BENSON (I) und NAWASCHIN (I—III) auch bei verschiedenen *Amentaceen* gemacht.

D i e E n t s t e h u n g d e r E i z e l l e wird dadurch eingeleitet, daß der Kern des zunächst einkernigen Embryosackes (Fig. 48, *A* u. *B*)

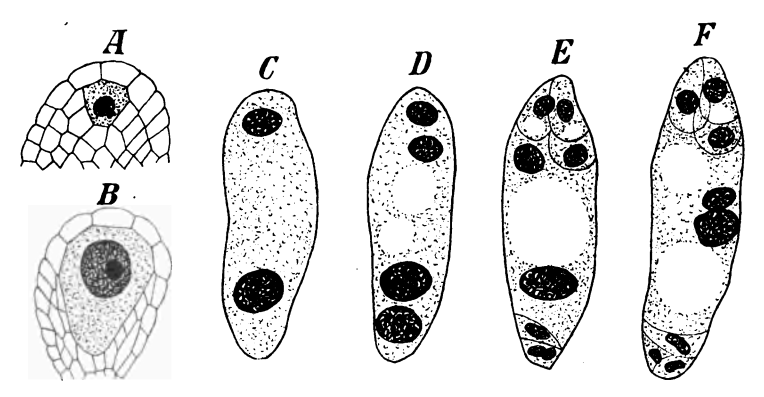


Fig. 48. *Lilium Martagon.* Entwickelung des Embryosakces. Vergr. ca. 140. Nach GUIGNARD (II).

sich in zwei Kerne teilt, die nach den beiden Enden desselben auseinander weichen (Fig. 48, *C*). Hier teilen sich diese dann zunächst in je 2 (Fig. 48, *D*) und dann weiter in je 4 Kerne (Fig. 48, *E*). Von den so gebildeten 8 Kernen sondern sich an jedem Ende des Embryosackes je 3 mit dem umgebenden Plasma von dem übrigen Embryosackplasma ab, und zwar bilden dieselben am mikropylaren Ende die Eizelle und die beiden Synergiden, während am gegenüberliegenden Ende die 3 Antipodenzellen entstehen. Die beiden übrigen Kerne bleiben dagegen frei im Embryosack, nähern sich, wie Fig. 48, *F* erkennen läßt, einander und verschmelzen meist schon vor der Befruchtung zu dem secundären Embryosackkern. Bei manchen Gewächsen — so nach STRASBURGER (XVII, 21) bei *Allium fistulosum* — scheint diese Verschmelzung allerdings erst später, kurz vor oder während der Befruchtung, stattzufinden.

Als Abweichung von dem im Obigen geschilderten, normalen Verhalten erwähne ich, daß bei manchen Pflanzen schon vor der Befruchtung eine zum Teil sogar ziemlich starke Vermehrung der Antipodenzellen stattfindet. Beobachtet wurde dies von FISCHER (III) bei verschiedenen *Gramineen*, von GUIGNARD (IX, 176) bei *Conyza ambigua* und von CHAMBERLAIN (I) bei *Aster novae Angliae*. Noch häufiger scheint es vorzukommen, daß die Antipodenzellen mehrkernig werden.

Von STRASBURGER (XV, 46) wurde ferner nachgewiesen, daß bei *Santalum album* in den Samenknospen unterhalb der beiden Synergiden stets zwei Eizellen vorhanden sind. Die Entstehung derselben wurde noch nicht sicher festgestellt.

Bei *Myosurus minimus* soll ferner nach MANN (I) nach der ersten Kernteilung im Embryosack eine Kernteilung stattfinden. In späteren Stadien ist die betreffende Scheidewand aber nicht mehr sichtbar.

Sehr eigenartig verhalten sich schließlich auch bezüglich der im Embryosack stattfindenden Vorgänge die *Casuarineen*, insofern bei ihnen nach den Untersuchungen von TREUB (IV) Antipodenzellen stets fehlen und wahrscheinlich schon vor der Befruchtung die Bildung einer größeren Anzahl von Endospermkernen stattfinden soll. Auch sollen die Synergiden bald fehlen, bald in Ein- oder Mehrzahl vorhanden sein.

Nach NAWASCHIN (I) besitzt dagegen *Corylus* gerade eine sehr scharf hervortretende, aus 3 Zellen bestehende Antipodengruppe, die sich zunächst an der Basis des Embryosackes befindet, bei der Vergrößerung desselben aber in eine seitliche Stellung gelangt, so daß sie zur Zeit der Befruchtung dem Mikropylar-Ende des Embryosackes viel näher liegt als dem Chalazaende. Außerdem beobachtete NAWASCHIN bei *Corylus*, daß sich erst, nachdem der Pollenschlauch bis zum Embryosack vorgedrungen war, aus den zuvor in denselben enthaltenen 5 Kernen ein normaler Eiapparat entwickelte. Ebenso konnte NAWASCHIN (II) auch bei *Juglans* vor der Befruchtung keinen normalen Eiapparat nachweisen.

Die bei der Entstehung und Ausbildung des Embryosackes stattfindenden Kernteilungen verlaufen stets nach dem Schema der typischen Karyokinese und bilden infolge ihrer Größe ein häufig für Kernteilungsstudien benutztes Objekt. Abweichend verhält sich jedoch nach SARGANT (II) bei *Lilium Martagon* beim letzten Teilungsschritt die eine der beiden am Antipodenende stattfindenden Teilungen. Diese soll, wie bereits S. 77 erwähnt wurde, in sehr vereinfachter Art geschehen.

Die Reduktion der Chromosomenzahl findet nach den Untersuchungen von GUIGNARD (II) bei *Lilium Martagon*, bei dem, wie bereits erwähnt wurde, die Archesporzelle direkt zum Embryosack wird, vor der ersten innerhalb derselben stattfindenden Kernteilung statt. Vor dieser Teilung zeigt denn auch das Kerngerüst die für die Synapsis charakteristischen Metamorphosen, während die Nukleolen das Sichelstadium (cf. p. 69) durchlaufen. Die 3 im Embryosack stattfindenden Kernteilungen zeigen somit die reduzierte Chromosomenzahl. In dem von der Mikropyle abgewandten Ende des Embryosackes wurde allerdings von GUIGNARD (II) bei der zur Bildung der Antipodenkerne

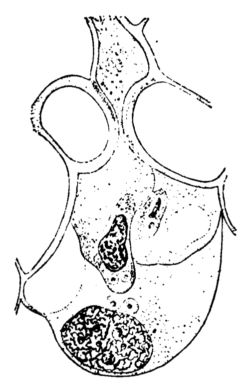
führenden Teilung häufig eine größere Zahl von [Chromosomen beobachtet.

Bei *Allium* und *Helleborus*, bei der die Archesporzelle durch Teilung in mehrere Embryosackanlagen zerfällt, von denen aber nur die eine sich weiter entwickelt, finden nach STRASBURGER (VII, 243) schon die zur Bildung der einzelnen Embryosackanlagen führenden Teilungen mit der reduzierten Chromosomenzahl statt.

In ihrem tinktionellen Verhalten stimmen die im Embryosack enthaltenen Kerne mit dem vegetativen Kerne der Pollenkörner überein. Sie enthalten sehr große Nukleolen und erwiesen sich bei der von ROSEN (I) angewandten Methode als erythrophil, während Verf. (IV, 20) in denselben bei Anwendung der Fuchsin-Jodgrün-Methode ein allerdings sehr zartes, cyanophiles Kerngerüst beobachten konnte. Nur in dem der Synapsis vorausgehenden Stadium fand ich bei *Lilium Martagon* das Kerngerüst auch bei Anwendung der Fuchsin-Jodgrün-Methode stark erythrophil.

Schließlich will ich an dieser Stelle noch hervorheben, daß die zur Bildung des sekundären Embryosackkernes führende Kernverschmelzung nach den Beobachtungen von GUIGNARD (II) bei *Lilium Martagon* mit einer paarweisen Verschmelzung der Centrosomen verbunden sein soll.

3) Der Sexualakt. Die Zusammenführung des männlichen und weiblichen Kernes wird bei den *Angiospermen* bekanntlich in der Weise bewerkstelligt, daß der auf der Narbe gebildete Pollenschlauch durch den Griffelkanal in die Fruchtknotenhöhle und hier durch die Mikropyle der Samenknospe zur Eizelle vordringt (Fig. 49). Durch teilweise Resorption der betreffenden Wandungen wird dann wahrscheinlich eine direkte Verbindung zwischen der Pollenschlauchspitze und der Eizelle hergestellt, so daß ein Uebertritt des männlichen Kernes in die Eizelle stattfinden kann.



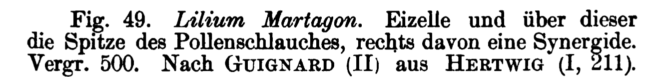


Fig. 49. *Lilium Martagon*. Eizelle und über dieser die Spitze des Pollenschlauches, rechts davon eine Synergide. Vergr. 500. Nach GUIGNARD (II) aus HERTWIG (I, 211).

Eine Abweichung von dem oben geschilderten, normalen Verlaufe zeigen nur die *Casuarineen* und eine Anzahl der *Amentaceen*. Für die *Casuarineen* wurde nämlich von TREUB (IV) nachgewiesen, daß bei ihnen der Pollenschlauch nicht durch die Mikropyle, sondern von der Chalaza aus nach der Eizelle hin vordringt. Da nun die *Casuarineen* auch in anderer Beziehung (vergl. S. 99 u. 100) ein von den übrigen *Angiospermen* abweichendes Verhalten zeigen, so stellte TREUB dieselben als besondere Gruppe der „Chalazogamen" den übrigen Angiospermen, die er als „Porogamen" bezeichnet, gegenüber.

Nach den Untersuchungen von BENSON (I) und NAWASCHIN (I–III) findet nun aber auch bei verschiedenen *Amentaceen* echte Chalazogamie statt, während bei anderen Uebergänge zwischen dieser und der Porogamie beobachtet wurden. Nach den Beobachtungen von NAWASCHIN sind ferner auch die Pollenschläuche von *Betula* und *Juglans*. dadurch ausgezeichnet, daß sie sich sehr reich verzweigen; leider fehlen bisher Angaben darüber, wie sich die Kerne bei diesen Verzweigungen verhalten.

Der genauere Verlauf der beim Sexualakt stattfindenden Kernverschmelzung wurde nun namentlich von GUIGNARD (II) bei *Lilium Martagon* sehr eingehend untersucht. Nach diesen Untersuchungen

tritt der eine der beiden generativen Kerne des Pollenschlauches sofort nach dem Uebertritt in die Eizelle mit dem Kerne derselben in Berührung (Fig. 50). Er nimmt hier dann schnell an Volum zu und zeigt eine bedeuteude Vermehrung der chromatischen Substanz. Die Grenze zwischen dem männlichen und weiblichen Kerne bleibt aber bis zum Beginn der Teilung der beiden Kerne vollkommen scharf. Die bei der Teilung entstehenden Fadensegmente männlichen und weiblichen Ursprungs stimmen auch in ihrem chemischen Verhalten mit einander vollkommen überein. Ihre Zahl beträgt zusammen 24. Die gleiche Zahl der Chromosomen wird auch bei den weiteren Teilungen, die zur Bildung des Embryos führen, angetroffen.

Bei anderen Pflanzen findet nun übrigens schon früher eine vollständige Verschmelzung der beiden sexuellen Kerne statt, so z. B. bei *Agraphis cernua*, wo GUIGNARD (II) sogar eine Fusion der Nukleolen beobachtete.

Von GUIGNARD (II) wurde nun aber ferner auch gezeigt, daß gleichzeitig mit dem männlichen Kerne auch die beiden zugehörigen Centralkörper aus dem Pollenschlauche in die Eizelle übertreten, und daß in dieser eine paarweise Verschmelzung je eines männlichen und eines weiblichen Centralkörpers stattfindet (Fig. 50). Aehnliche Beobachtungen wurden von SCHAFFNER (I) bei *Alisma Plantago* gemacht. Die Centralkörper zeigen hier auch die gleiche Orientierung wie bei *Lilium* nach den Beobachtungen von GUIGNARD.

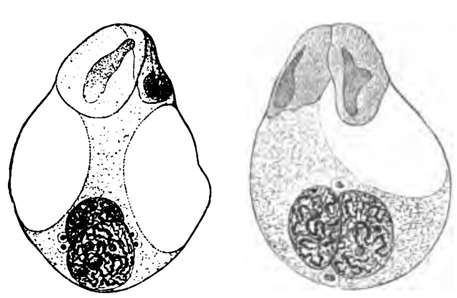


Fig. 50. *Lilium Martagon*. Eizelle nach der Befruchtung, die Verschmelzung der Centrosomen zeigend. Vergr. 500. Nach GUIGNARD (II) aus HERTWIG (I, 211).

Hinsichtlich des Schicksals der anderen im Pollenschlauch enthaltenen Kerne erwähne ich, daß von GUIGNARD (II) beobachtet wurde, daß zuweilen auch der zweite generative Kern in die Eizelle eindringt und hier dann die gleichen Gestaltsveränderungen zeigen kann, wie der mit dem Eikerne verschmelzende Kern. Schließlich wird er aber stets unter Verlust seiner Tinktionsfähigkeit und scharfen Umgrenzung im Plasma aufgelöst. Der vegetative Kern des Pollenschlauches soll ungefähr in der Zeit, wo dieser in die Samenknospe eindringt, verschwinden.

4) Parthenogenesis und Polyembryonie. Eine Samenbildung ohne vorherige Bestäubung wurde unter den Angiospermen bisher nur für *Caelebogyne ilicifolia* nachgewiesen. Diese setzt, wie namentlich von A. BRAUN (I) ausführlich geschildert wurde, auch an den ausschließlich weiblichen Exemplaren keimfähige Samen an. Nach den Untersuchungen von STRASBURGER (XVI, 659) handelt es sich aber in diesem Falle keineswegs um eine echte Parthenogenesis, sondern um eine besondere Art der vegetativen Vermehrung, die in ähnlicher Weise auch bei verschiedenen, die Polyembryonie zeigenden Samen eintreten kann. In den Samenknospen von *Caelebogyne* entstehen nämlich nach STRASBURGER die Embryonen durch Sprossung aus den an den Embryosack grenzenden Zellen des Nucellargewebes. Dieselben

wachsen in den Embryosack hinein und entwickeln sich hier zu normal gestalteten Embryonen.

Ebenfalls durch Auswachsen von Nucellarzellen entstehen ferner nach STRASBURGER (XV und XIV) bei *Citrus*, *Evonymus latifolius*, *Funkia spec.*, *Mangifera indica* und *Nothoscordum fragrans* in den Embryosack hineinwachsende Embryonen. Dieselben bestehen hier gewöhnlich zunächst neben dem normal durch Befruchtung entstandenen Embryo, werden aber häufig von demselben vollständig verdrängt. Von besonderem Interesse ist aber, daß nach den diesbezüglichen Untersuchungen von STRASBURGER bei *Nothoscordum* auch die Adventivembryonen nur dann zur vollständigen Entwickelung gelangen, wenn die betreffenden Blüten bestäubt waren.

Die übrigen Fälle von Polyembryonie sind nun ferner, wenn wir von den gelegentlich als Abnormitäten beobachteten Erscheinungen, wie Verdoppelung des Knospenkerns, Verwachsung von 2 Knospenkernen u. dgl. ganz absehen, auf 5 verschiedene Ursachen zurückgeführt worden:

Bei *Santalum album* beruht die Polyembryonie, die übrigens vor der Reife der Samen meist durch Verdrängung des einen Embryos wieder zum Verschwinden gebracht wird, darauf, daß, wie schon erwähnt wurde, konstant 2 Eizellen in jedem Embryosack angelegt werden. Die gleiche Erscheinung beobachtete STRASBURGER (XV, 45) als Abnormität bei *Sinningia Lindleyana*. Ferner machte es der gleiche Autor (XVI, 665) wahrscheinlich, daß auch bei *Gymnadenia conopsea* die Polyembryonie durch eine Verdoppelung der Eizellen bewirkt wird.

Bei *Erythronium americanum* entstehen nach JEFFREY (I) aus der in Einzahl vorhandenen Eizelle mehrere Embryonen und zwar bildet sich hier nach der Befruchtung am mikropylaren Ende des Embryosackes zunächst ein vielzelliger Gewebekörper, aus dem dann die einzelnen Embryonen hervorwachsen. Im reifen Samen bleibt aber meist nur einer von denselben erhalten.

Eine Entstehung von Embryonen aus den Synergiden wurde von GUIGNARD (XI, 36) bei *Mimosa Denhartii* beobachtet. Nach DODEL (III) soll die gleiche Erscheinung auch bei *Iris sibirica* stattfinden. OVERTON (IV, 185) beobachtete schließlich auch bei *Lilium Martagon* ausnahmsweise 2 Embryonen im Embryosack und nimmt an, daß der zweite durch Befruchtung einer Synergide entstanden ist.

TRETJAKOW (I) beobachtete die Entwickelung von Embryonen aus den Antipodenzellen bei *Allium odorum*. Von diesen ist in frühen Stadien gewöhnlich eine durch bedeutendere Größe ausgezeichnet und zeigt in der Anordnung des Inhaltes eine gewisse Uebereinstimmung mit der Eizelle. Im allgemeinen entwickelt sich nun nur diese eine Antipodenzelle zum Embryo und zwar ohne Befruchtung, aber, wie es scheint, erst nach vorheriger Befruchtung der Eizelle und etwa gleichzeitig mit dieser. Gelegentlich bildeten sich aber auch aus allen 3 Antipodenzellen Embryonen. In einem Falle wurden auch am Mikropylarende 2 Embryonen beobachtet. Von diesen stammte wohl einer von einer der Synergiden.

JÖNSON (I) beobachtete Polyembryonie bei *Trifolium pratense* und hält es für wahrscheinlich, daß dieselbe auf das Vorhandensein von mehreren Embryosäcken zurückzuführen sei.

5) Die Samenbildung. Nach Vollendung des Sexualaktes findet die Weiterentwickelung der Samenknospe zum reifen Samen

in den typischen Fällen in der Weise statt, daß durch Teilung der Eizelle der Embryo entsteht, während gleichzeitig aus dem sekundären Embryosackkern durch wiederholte Zweiteilung zahlreiche freie Kerne hervorgehen, die sich an der Wandung des Embryosackes ungefähr gleichmäßig verteilen. In einem bestimmten Stadium sondern sich dann die von entsprechenden Plasmapartien umgebenen Kerne durch Zellwände gegen einander ab, und es wird durch centripetales Wachstum dieses als Endosperm bezeichneten Gewebes der ganze Embryosack ausgefüllt. In vielen Fällen wird aber das Endosperm vor der völligen Reife der Samen von dem heranwachsenden Embryo vollständig aufgezehrt.

Die beiden Synergiden-Zellen sind meist schon kurze Zeit nach der Befruchtung nicht mehr wahrnehmbar, während die Antipoden häufig noch lange Zeit erhalten bleiben, aber in keinem Falle sich durch weitere Teilungen zu vermehren scheinen. Da der die Endospermkerne liefernde, sekundäre Embryosackkern, wie bereits erwähnt wurde, wie der Kern der befruchteten Eizelle durch Verschmelzung von 2 Kernen entsteht, so war a priori zu erwarten, daß bei diesen Teilungen die doppelte Zahl der Chromosomen auftritt, wie in den auf die Synapsisphase folgenden Teilungen. Nach den Untersuchungen von Guignard (II) ist dies auch im allgemeinen der Fall; doch zeigte die Chromosomenzahl in den Endospermzellen eine ziemliche Inkonstanz und soll allmählich immer mehr abnehmen.

Daß bei den im Embryosack sich abspielenden Kernteilungen Uebergänge zwischen direkter und indirekter Teilung vorkommen, wurde bereits S. 77 erwähnt.

6) Der reife Samen und dessen Keimung. Ueber das Verhalten der Kerne in reifen Samen wurden zuerst von Köppen (I) umfassendere Untersuchungen angestellt. Aus denselben folgt zunächst, daß in den Zellen des Embryos stets ein Zellkern vorhanden ist. Dasselbe gilt auch für die meisten Endospermzellen, nur bei den *Typhaceen* und *Phytolaccaceen* soll vor der Reife des Samens im Endosperm eine vollständige Auflösung des Zellkernes stattfinden. In stärkefreien Samen ist ferner nach Köppen die Gestalt des Zellkernes meist eine regelmäßige, auch konnte ein kugeliger Nukleolus in demselben beobachtet werden. Bei den stärkehaltigen Samen zeigt der Zellkern dagegen meist eine sehr unregelmäßige Gestalt, und es gelang Köppen nicht, einen Nukleolus in denselben nachzuweisen.

Dahingegen zeigte nun Peters (I), daß auch in verschiedenen stärkehaltigen Endospermen Kerne vorkommen, die echte Nukleolen enthalten. Speciell bei *Sparganium* und *Carex* sah Peters vor der Bildung der Eiweißkrystalloide und Stärkekörner eine bedeutende Vermehrung der Zellkerne und Nukleolen eintreten. In den Endospermzellen reifer Samen von *Sparganium* vermochte er aber ebensowenig wie Köppen einen Zellkern nachzuweisen.

Bezüglich der feineren Struktur der in reifen Samen enthaltenen Kerne wird von Raciborski (I) mitgeteilt, daß das Kerngerüst derselben auch bei Anwendung der besten Systeme vollkommen homogen erscheint. Nach der bei der Quellung der Samen eingetretenen Volumvergrößerung der Kerne wird in ihnen aber sofort eine feinere Struktur mit zum Teil sehr großen Chromatinkugeln sichtbar. Die Nukleolen enthalten nach Raciborski in dem sich entwickelnden Samen relativ große Vakuolen, die mit der Reife unsichtbar werden. Bei der Keimung

treten aber in den Nukleolen wieder kleine, sich allmählich vergrößernde und zusammenfließende Vakuolen hervor. Später beschrieb RACIBORSKI (V, 251) speciell die Kerne in den reifen Samen von *Cabomba*, als ein stark tingierbares, cyanophiles Netz ganz dünner, zwischen den Stärkekörnern liegender Stränge.

Das Verhalten der Zellkerne während der Keimung ist nach PETERS ein verschiedenes. Bei *Zea*, *Carex* u. a. bleiben dieselben während der Keimung unverändert. Bei *Ricinus* und *Pinus Larix*, deren Endosperm während des Keimungsprozesses ein bedeutendes Wachstum zeigt, soll dagegen eine bedeutende Vergrößerung der Kerne und Nukleolen des Endosperms eintreten. Nach Messungen von ZACHARIAS (XIV, 228) kann sich bei *Ricinus* der Nukleolus um das 2—3-fache vergrößern, der Gesamtkern wahrscheinlich noch mehr. Bei *Pinus Larix* konnte sich dagegen ZACHARIAS nicht von einer Vergrößerung der Nukleolen und Kerne des Endosperms während der Keimung überzeugen, während er das Auftreten eines Kerngerüstes in den zuvor homogen erscheinenden Kernen nachweisen konnte. In den Endospermen von *Zea* und *Hyacinthus* konnte ZACHARIAS überhaupt keine Veränderung in den Kernen des Endosperms beobachten; er konnte sich auch durch Messungen davon überzeugen, daß diese Endosperme bei der Keimung nicht wachsen.

B. Gymnospermen.

1) Die Bildung und Keimung der Pollenkörner. Die Bildung der Pollenkörner stimmt bei den *Gymnospermen* insofern mit derjenigen der *Angiospermen* überein, als auch bei ihnen durch Teilung der in Ein- oder Mehrzahl vorhandenen Archesporzellen die Pollenmutterzellen entstehen, die durch zweimalige Teilung die Pollenkorntetraden liefern. Insofern bestehen aber gewisse Verschiedenheiten zwischen den *Angiospermen* und *Gymnospermen*, als bei den letzteren innerhalb des Pollenkornes gewöhnlich eine größere Anzahl von Kernteilungen stattfindet. Es verhalten sich jedoch in dieser Hinsicht die verschiedenen Arten sehr verschieden.

Bezüglich der *Coniferen* liegen zunächst neuere Untersuchungen von STRASBURGER (IV) vor. Nach diesen bleibt bei manchen (*Taxus, Cupressus, Juniperus* u. a.) der Pollen im Staubfache überhaupt ungeteilt, während bei anderen (*Cephalotaxus, Podocarpus, Thuja* u. a.) schon in der Anthere eine Teilung in eine kleinere („antheridiale") und eine größere („embryonale") Zelle stattfindet. Bei wieder anderen Arten (*Ginkgo*, *Picea, Pinus* u. a.) findet eine Bildung mehrzelliger Innenkörper in den Pollenkörnern statt, und zwar geschieht diese stets schon im Antherenfache. Hierbei werden die einzelnen Zellen stets nach einander von der großen Zelle des Pollenkornes abgeschieden und es findet, wie STRASBURGER (IV, 9) ausführlich beschreibt, später häufig eine Resorption der zuerst abgetrennten Zellen statt.

Die weiteren Schicksale der in den Pollenschlauch eindringenden Zellkerne wurden zuerst von BELAJEFF (I), dessen Angaben später auch von STRASBURGER (IV, 12) bestätigt wurden, bei *Taxus baccata* festgestellt. Danach findet bald nach der Keimung des Pollenkorns auf dem Nucellus eine Zellteilung statt, durch die eine kleine („antheridiale") Zelle von der großen („embryonalen") abgetrennt wird (Fig. 51, *A* u. *B*). Die antheridiale Zelle teilt sich dann nochmals (Fig. 51, *C*)

und von den beiden so entstandenen Tochterzellen wandert die vordere, wie Fig. 51, *D* zeigt, als generative Primordialzelle in den Pollenschlauch, während die hintere mit der Embryonalzelle des Pollenschlauches verschmilzt (Fig. 51, *E*). Ihr Kern wandert darauf ebenfalls nach der Spitze des Pollenschlauches zu und überholt allmählich die generative Zelle, vor der sich dann, wie Fig. 51, *G* zeigt, zwei freie Kerne befinden. Aus der gleichen Figur ist auch ersichtlich, daß in diesem Stadium eine Teilung der generativen Zelle stattgefunden hat. Die so entstehenden Tochterzellen sind aber sehr ungleich, die eine, der Eizelle abgekehrte (cf. Fig. 51, *H*) ist abgeplattet und bedeutend kleiner als die andere, die als die eigentliche Sexualzelle aufzufassen ist und den in die Eizelle übertretenden Kern enthält (Fig. 51, *J*).

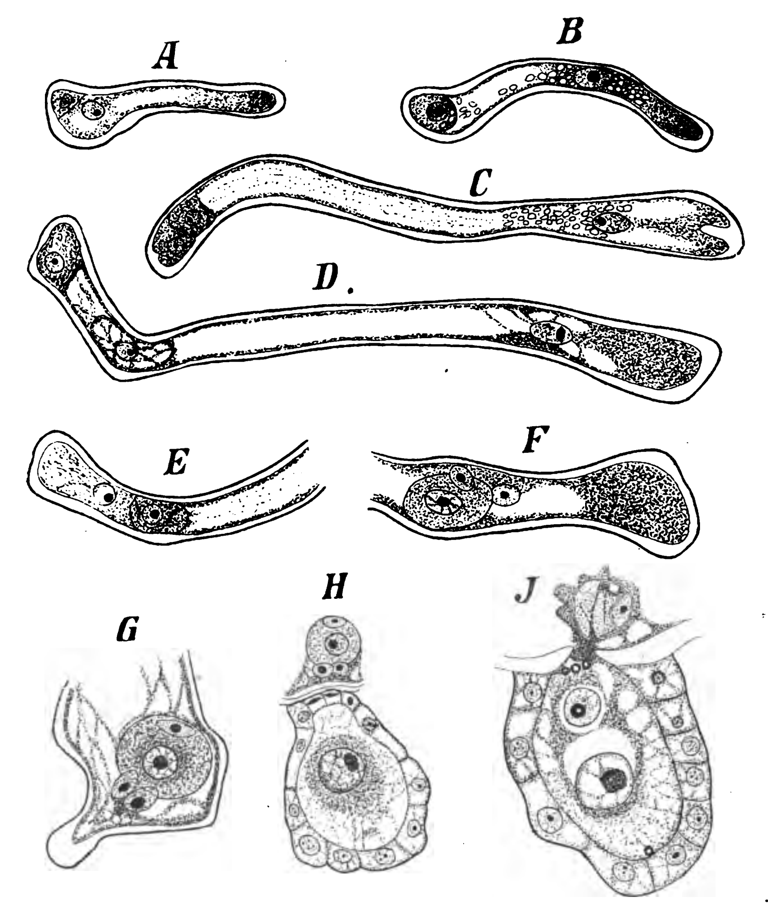


Fig. 51. *Taxus baccata.* *A—G* Pollenschlauch in verschiedenen Entwickelungsstadien, in *E* nur das hintere, in *F* und *G* nur das vordere Ende gezeichnet. *H* Eizelle und darüber die Spitze des Pollenschlauches. *J* Eizelle kurz nach der Befruchtung. In dem Pollenschlauch Reste der generativen Zelle mit dem abgeplatteten Kern. Vergr. von *A—F* 260, von *G—J* 200. Nach Belajeff (I).

Aehnlich verhält sich nach den übereinstimmenden Angaben von Belajeff (IV) und Strasburger (IV, 29) auch *Juniperus*. Nur be-

sitzen hier die beiden aus der generativen Zelle entstehenden Zellen die gleiche Größe und zeigen auch das gleiche morphologische Verhalten. Es ist anzunehmen, daß hier jede von ihnen in eine Eizelle eindringen kann.

Die *Abietineen* zeigen nach den Untersuchungen der genannten beiden Autoren insofern ein abweichendes Verhalten, als bei ihnen die Zweiteilung der generativen Zelle schon im Pollenkorne stattfindet.

Nach HIRASE (I) enthalten die aus der Pollenkammer von *Ginkgo biloba* ungefähr 2 Wochen vor der Befruchtung entnommenen Pollenkörner zu beiden Seiten des Kernes zwei deutliche Centrosomen, umgeben von radialen Strahlungen. Zwischen diesen und dem Zellkern beobachtete der genannte Autor je einen bedeutend größeren, kugeligen Körper, den er nach einer neueren Publikation (HIRASE II, 12) mit den in der Eizelle beobachteten Granulationen, die wohl sicher von den Nukleolen abstammen, für identisch hält. In den Pollenkörnern konnten die betreffenden Körper übrigens sicher schon in den lebenden Zellen beobachtet werden. Kann somit nicht wohl an der Richtigkeit der HIRASE'schen Beobachtungen gezweifelt werden, so erscheint es mir doch sehr fraglich, ob die Deutung derselben zutreffend ist. Speciell möchte ich es nach einem Vergleich mit den von JACCARD (I) bei *Ephedra* gemachten Beobachtungen für wahrscheinlich halten, daß der von HIRASE als Kern gedeutete Körper in Wirklichkeit als generative Zelle und die beiden nukleolenhaltigen Körper als vegetative Kerne aufzufassen sind.

Für die *Cycadeen* wurde von JURANYI (II und III) zuerst nachgewiesen, daß die Zellen des Innenkörpers durch successive Teilung der großen Pollenzelle entstehen. Zu den gleichen Resultaten gelangte auch GUIGNARD (III).

Von den *Gnetaceen* wurde neuerdings die Gattung *Gnetum* von KARSTEN (II, 357) untersucht. Die Pollenkörner dieser Gattung enthalten demnach zunächst 3 Zellen, schon vor der Schlauchbildung wird aber die eine derselben wieder resorbiert, so daß nur noch eine kleinere, generative und eine große, vegetative Zelle übrig bleibt. Die erstere wandert dann mit dem vegetativen Kerne in den Pollenschlauch, wo sie im allgemeinen in zwei gleichartige Zellen zerfällt, die beide zur Befruchtung geeignet zu sein scheinen.

Bei der Ausbildung der Pollenkörner von *Ephedra helvetica* erleidet nach JACCARD (I, 24) nur der eine von den beiden durch die erste Teilung entstandenen Kernen eine zweite Teilung, und es wird von diesen Tochterkernen der eine zum generativen Kern. Derselbe ist von einer Plasmahülle umgeben, die gegen die übrige Masse des Pollenkornes scharf abgegrenzt ist. Es unterbleibt aber in den Pollenkörnern ganz die Bildung von Cellulosemembranen, während JURANYI (II u. III) speciell für *Ephedra altissima* das Vorhandensein von Cellulosemembranen angiebt. Bei der Keimung sah JACCARD bei *Ephedra helvetica* noch vor der Pollenschlauchbildung eine Teilung des generativen Kernes eintreten.

Nach STRASBURGER (IV, 11) scheint sich *Welwitschia mirabilis* ähnlich zu verhalten.

Der Moment, in dem bei der Bildung des männlichen Sexualkernes die Reduktion der Chromosomenzahl stattfindet, wurde zuerst von OVERTON (V u. VII) genauer bestimmt, und zwar findet dieselbe wie bei den *Angiospermen* vor der ersten Teilung der Pollenmutterzellen statt. Nach den Beobachtungen des genannten Autors besitzen die zur Bildung der Pollenmutterzellen führenden Teilungen bei den *Abietineen* stets 24, bei *Taxus* stets 16 Chromosomen, während bei der Teilung der Pollenmutterzellen und den Kernteilungen im Pollenkorn und Pollenschlauch 12 (resp. 8) Chromosomen gezählt wurden.

Von weiteren Angaben über die Zahl der Chromosomen erwähne ich:

Larix europaea	Pollenkorn	12	STRASBURGER IV, 34
Pinus silvestris	„	12	„
„ „	„	8	STRASBURGER XII, 827
Ceratozamia	Pollenmutterzellen	8	GUIGNARD II, 239

2) Die Bildung der Eizelle. Die *Gymnospermen* besitzen nach den vorliegenden Untersuchungen ein teils ein-, teils mehrzelliges Archespor. Die Archesporzellen zerfallen dann durch Querteilungen in eine Reihe von Zellen, von denen sich die unterste zum Embryosack ausbildet. In diesem findet im Gegensatz zu den *Angiospermen* schon vor der Befruchtung eine Zergliederung in zahlreiche Zellen (Endospermbildung) statt. An der Spitze dieses Zellkörpers werden dann eine Anzahl von Archegonien angelegt, die sich zunächst in die größere Centralzelle und die Halszelle gliedern. Erstere wird dann durch eine uhrglasförmige Wand in die größere Eizelle und die Halskanalzelle geschieden, während die Halszelle in eine verschieden große Anzahl von Zellen zerfällt.

Ein von dem oben Geschilderten abweichendes Verhalten würde nach den Untersuchungen von KARSTEN (II) die Gattung *Gnetum* insofern zeigen, als bei ihr die Bildung von Archegonien ganz unterbleiben und sämtliche im Embryosack enthaltenen Kerne einander ähnlich sein sollen, so daß also ein jeder derselben als gleichmäßig geeignet zur Verschmelzung mit dem generativen Kerne des Pollenschlauches angesehen werden müßte.

Von durch die neueren Untersuchungen festgestellten Details erwähne ich ferner noch, daß nach JACCARD (I, 16) bei *Ephedra helvetica* die Membranbildung im Embryosack stets nach der 8. Zweiteilung der Kerne, nachdem also ca. 256 Kerne gebildet sind, stattfindet. Der Embryosack bildet sich hier aus der untersten von 3—4 aus einer Archesporzelle hervorgegangenen Zellen. In den an der Spitze des Nucellus gelegenen Epidermiszellen, die später zur Bildung der sogenannten Pollenkammer resorbiert werden, beobachtete JACCARD (I, 20) 2—4 Kerne, in den Zellen der Archegonienwandung meistens 2. Für die letzteren wird die Entstehung durch direkte Teilung nachgewiesen.

Ueber die Zahl der Chromosomen bei den zur Bildung der Eizellen führenden Teilungen liegen namentlich Untersuchungen von OVERTON (VII, 8) vor. Nach diesen ist es sehr wahrscheinlich, daß die Reduktion der Chromosomenzahl vor der ersten Teilung im Embryosack stattfindet. OVERTON beobachtete speciell im Embryosack von *Ceratozamia mexicana* stets 8 Chromosomen und zwar bereits in einem Stadium, in dem die Embryosackhöhle noch von einer zusammenhängenden Plasmaschicht ausgekleidet war, während die Kernteilungsfiguren in dem jungen Blatt, im Nucellus und in dem Integument stets 16 Chromosomen aufwiesen. Auch bei *Tsuga Canadensis*, *Larix decidua* und *Ephedra helvetica* findet nach OVERTON die Reduktion der Chromosomen schon in den jüngsten Stadien der Entwickelung des Endosperms statt, lange bevor die Archegonien gebildet sind, während andererseits die Kerne des Nucellus und des Integuments die vollzählige Anzahl von Chromosomen besitzen.

Eine weniger große Konstanz in der Zahl der Chromosomen beobachtete dagegen DIXON (III) bei *Pinus silvestris*. Der genannte Autor fand nämlich allerdings im Gewebe des Nucellus und Integuments 16 (in letzterem „vielleicht“ auch 24), im unteren Teile sowie in der Kanalzelle 8 und bei der ersten Teilung der befruchteten Eizelle wieder 16 Chromosomen. Andererseits beobachtete er aber im oberen

Teile des Endosperms und namentlich in den Zellen der Archegonienwandung meist 12, selten 8 oder 24 Chromosomen. Merkwürdigerweise zählte der gleiche Autor bei *Pinus Laricio* und *Picea orientalis* im Stammscheitel und Cambium 16, in der jungen Rinde aber 24 Chromosomen.

Nach JACCARD (I, 16) zeigen die Kernteilungsfiguren während der Endospermbildung von *Ephedra* gewöhnlich 8 Chromosomen, die im übrigen Ovulargewebe 12 oder mehr.

Erwähnen will ich schließlich noch an dieser Stelle, daß nach OVERTON (VII, 10) im Endosperm von *Ceratozamia* die Centrosomen besonders leicht nachzuweisen sein sollen. Auch in den Pollenmutterzellen von *Ceratozamia* konnte der genannte Autor die Centrosomen relativ leicht auffinden. Bei *Taxus*, *Larix* und einigen anderen *Gymnospermen* ließen sich dieselben zwar ebenfalls nachweisen, aber mit viel größerer Schwierigkeit.

3) Der Sexualakt und die Samenbildung. Bei dem Sexualakt der *Gymnospermen* findet unzweifelhaft eine Vereinigung des aus dem Pollenschlauch in die Eizelle übergetretenen, generativen Kernes mit dem Eikern statt. Beobachtet wurde dieser Uebertritt z. B. von BELAJEFF (I) bei *Taxus baccata*. In der nach einer Zeichnung dieses Autors kopierten Fig. 52 ist der auf der Wanderung nach dem Eikerne begriffene, männliche Kern ohne weiteres kenntlich. Oberhalb der Eizelle sind aber auch noch Reste der generativen Zelle und in dieser der abgeplattete Schwesterkern des generativen Kernes sichtbar. Ob nun aber gleichzeitig mit dem generativen Kerne auch Centrosomen oder andere Zellbestandteile aus dem Pollenschlauch in die Eizelle übertreten, läßt sich nach den zur Zeit vorliegenden Untersuchungen nicht mit Sicherheit entscheiden.

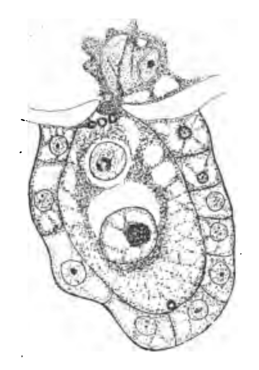


Fig. 52. Eizelle von *Taxus baccata* kurz nach der Befruchtung. Darüber Rest der generativen Zelle mit dem abgeplatteten Kerne. Vergr. 200. Nach BELAJEFF (I).

Die auf die Kernverschmelzung folgenden Vorgänge sind bei den verschiedenen Gruppen der *Gymnospermen* sehr verschieden. Da aber bei denselben die Kerne keine hervorragende Rolle zu spielen scheinen, will ich mich in dieser Hinsicht darauf beschränken, auf einige in neuerer Zeit bei *Ginkgo* und *Ephedra* beobachtete Erscheinungen kurz hinzuweisen.

Bei *Ginkgo biloba* findet nach der Befruchtung in der Eizelle eine wiederholte Kernteilung statt, auf die nach HIRASE (II) erst, nachdem durch 8-malige Teilung 256 Kerne entstanden sind, eine Membranbildung folgt.

HIRASE (II) beobachtete ferner in der Eizelle der genannten Pflanze ziemlich grobe Granulationen, die namentlich in der Nähe der Kerne lagen und in ihren Reaktionen ganz mit den Nukleolen übereinstimmten. Später verschwinden dieselben, es werden aber dann sehr feine Granulationen, die die gleichen Reaktionen zeigen, sichtbar. Ueber den Ursprung dieser Körnchen vermag der genannte Autor keine bestimmte Auskunft zu geben.

Nach der Befruchtung sollen wieder größere Körnchen im Cytoplasma auftreten, ob erst nach der ersten Teilung, ist aus dem Original nicht zu ersehen. Nach der siebenten Teilung beobachtete HIRASE (II, 9) dagegen keine Granulationen mehr im Cytoplasma. Zu derselben Zeit treten in den Kernen Nukleolen auf.

Außerdem beobachtete HIRASE (II, 11) Nukleolen-ähnliche Körper im Cytoplasma der die Eizellen umgebenden Zellen. Sie nähern sich hier der Wandung der Eizelle und sollen sogar durch die Tüpfel derselben in die Eizelle eindringen. Die betreffenden Zellen enthielten vor dem Austreten dieser Körper in jedem Kern 2 Nukleolen, nachher nur einen.

Centrosomen konnte HIRASE (II, 7) bei den in der Eizelle von *Ginkgo* nach der Befruchtung eintretenden Karyokinesen nicht beobachten.

Von den von JACCARD (I) bei *Ephedra helvetica* beobachteten Erscheinungen erwähne ich an dieser Stelle nur, daß nach der Befruchtung Kerne der Archegoniumwandung, die durch Desorganisation der betreffenden Zellen frei werden, in die Eizelle eindringen sollen.

C. Pteridophyten.

Die Zellkerne der *Pteridophyten* stimmen in ihrem morphologischen Verhalten vollständig mit denen der *Phanerogamen* überein. Namentlich gelingt es auch mit Hilfe der modernen Präparationstechnik sehr leicht, in beliebigen, jugendlichen Geweben derselben die normal gestalteten, karyokinetischen Figuren sichtbar zu machen. Die absolute Größe der Kerne ist bei den verschiedenen Arten eine sehr verschiedene. So ist z. B., wie bereits S. 11 und 12 angegeben wurde, *Psilotum* durch relativ große (Durchm. 18 μ), *Selaginella* (2—3 μ) dagegen durch relativ kleine Kerne ausgezeichnet (vergl. auch Fig. 2, *E* und *G* p. 11). Zwischen diesen beiden Extremen finden sich alle möglichen Uebergänge.

Bezüglich der Präparationsmethode will ich an dieser Stelle nochmals hervorheben, daß ROSEN (III) zur Fixierung der Farne das bereits S. 2 erwähnte Chloroform-Essigsäure-Gemisch besonders geeignet fand.

Von den bei der Bildung der Fortpflanzungsorgane stattfindenden Erscheinungen mögen nun zunächst die von CAMPBELL (III) bei der Keimung der Makrosporen von *Isoëtes echinospora* gemachten Beobachtungen erwähnt werden. Nach diesen enthalten die reifen Makrosporen der genannten Pflanze einen wenig tinktionsfähigen Kern. Nachdem sie aber einige Tage in Wasser gelegen haben, wird der Kern mehr tinktionsfähig und teilt sich wiederholt, ohne daß zunächst eine Membranbildung stattfände. Nach der ersten oder zweiten Teilung wandern die zuvor an der Basis der Spore gelegenen Kerne nach der Spitze hin. Hier beginnt, nachdem 30—50 freie Kerne entstanden sind, die Bildung von Zellmembranen in der Mitte feiner Plasmafäden, die die einzelnen Kerne verbinden. Von der Spitze der Makrospore aus schreitet die Membranbildung dann zunächst längs der Peripherie derselben fort, und schließlich wird auch die so entstandene centrale Höhlung mit Zellen ausgefüllt. Offenbar hat dieser Vorgang eine große Aehnlichkeit mit der Endospermbildung der *Phanerogamen*.

In zweiter Linie verdient an dieser Stelle die Entstehung der Spermatozoën eine besondere Besprechung.

Ueber diese sind in neuerer Zeit namentlich zwei verschiedene Ansichten verteidigt worden: Nach der einen soll der Körper der Spermatozoën lediglich aus dem Zellkern hervorgehen, während nach der anderen auch das Cytoplasma an der Bildung derselben teilnehmen soll. Aus Mangel an ausgedehnteren eigenen Untersuchungen muß ich mich darauf beschränken, die zu Gunsten dieser beiden Ansichten in der neueren Litteratur angeführten Beobachtungen kurz zusammenzustellen.

Für einen ausschließlich oder fast ausschließlich nuklearen Ursprung des Spiralbandes der Spermatozoën sind namentlich BUCHTIEN, GUIGNARD und CAMPBELL eingetreten. BUCHTIEN (I, 37) stellte seine Beobachtungen speciell an *Equisetum, Pteris* und *Hemitelia* an und giebt für alle 3 Genera an, daß sich bei ihnen der Körper der Spermatozoën ausschließlich aus dem Kern bildet.

GUIGNARD (I, 76) hält es dagegen auch für möglich, daß bei den *Filicineen* die schon von ZACHARIAS nachgewiesene hyaline Hülle der Spermatozoën vom Cytoplasma abzuleiten wäre; für wahrscheinlicher erklärt er es aber, daß auch diese vom Kern gebildet wird und stützt diese Ansicht namentlich auf die Ergebnisse von Doppelfärbungen. Mit Hilfe dieser fand GUIGNARD (I, 72) auch, daß in den Mutterzellen der Spermatozoën der Nukleolus sehr bald verschwindet. Der Inhalt der betreffenden Kerne soll schließlich ganz homogen und gleichmäßig stark tinktionsfähig werden; nur das hintere Ende der reifen Spermatozoën besitzt nach GUIGNABD eine etwas geringere Tinktionsfähigkeit. Bei *Equisetum* spec. und *Pilularia globulifera* sollen nach GUIGNARD (IV) die Spermatozoën, abgesehen von den Cilien, lediglich aus dem Kern hervorgehen. Bei *Pilularia* beobachtete GUIGNARD an dem vorderen Ende der Spermatozoën eine glänzende knopfförmige Verdickung, von der die Cilien ausgehen.

Die Untersuchungen von CAMPBELL (IV, 63) wurden einerseits an den Prothallien von *Osmunda* angestellt und führten zu dem Resultate, daß, abgesehen von den Cilien, nur die der hinteren Windung anhaftende Blase cytoplasmatischen Ursprungs sei. Andererseits untersuchte er (III, 235) mit dem gleichen Erfolg auch die Antheridien von *Isoëtes*.

Als Anhänger der an zweiter Stelle genannten Ansicht mag an erster Stelle LECLERC DU SABLON (II) genannt werden. Nach den Beobachtungen desselben nimmt an der Bildung der Spermatozoën von *Cheilanthes hirta* ein von dem Cytoplasma stammender, hyaliner Ring teil, der einerseits die Cilien und andererseits eine zarte protoplasmatische Hülle um die Spermatozoën bildet.

Ebenso giebt sodann BELAJEFF (II) für verschiedene *Filicineen*, *Equisetum* und *Isoëtes* an, daß die Spermatozoën aus einem aus dem Cytoplasma hervorgehenden Bande bestehen, dem ein aus dem Kern stammender Chromatinkörper eingelagert ist. Letzterer nimmt, wie neuerdings auch von STRASBURGER (V, 114) angegeben wird, ausschließlich das hintere Ende des Spermatozoons ein, während das vordere Ende ausschließlich cytoplasmatischer Natur sein soll.

Schließlich sei noch erwähnt, daß nach SCHOTTLÄNDER (I) das Spiralband der in Entstehung begriffenen Spermatozoën seiner ganzen Länge nach von einem cytoplasmatischen „Segel“ spiralig umwunden

sein soll. Es scheint mir übrigens nicht unwahrscheinlich, daß dies sogenannte Segel nichts anderes ist, als derjenige Teil des Cytoplasmas, aus dem sich die Cilien entwickeln, deren Entstehung SCHOTTLÄNDER bei der von ihm angewandten Untersuchungsmethode nicht verfolgen konnte.

Ueber das Verhalten der Spermatozoën nach dem Eindringen in die Eizelle liegen einige von CAMPBELL (V, 248) bei *Pilularia* gemachte Beobachtungen vor. Nach diesen ist der Kern der Eizelle (cf. Fig. 53, *A* und *B*) durch geringere Tinktionsfähigkeit ausgezeichnet, während der aus dem Spermatozoon entstehende Kern, der sich vor dem Verschmelzen mit dem Kern der Eizelle vollständig abrundet (cf. Fig. 53, *B*), stark tingiert wird. Weitere Details über das Verhalten der Kerne während der Verschmelzung wurden bisher nicht festgestellt.

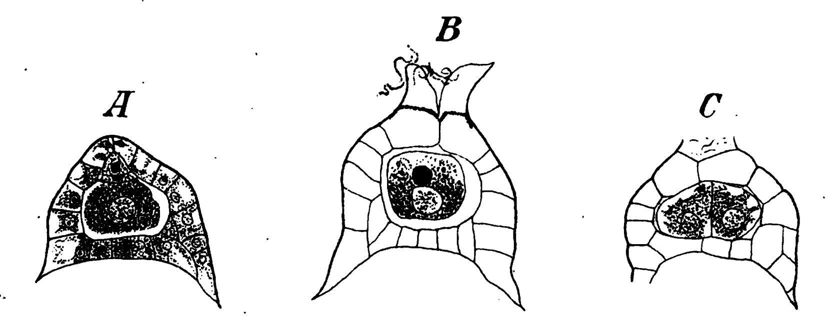


Fig. 53. *Pilularia globulifera.* *A* Nahezu reifes Archegonium, *B* Archegonium kurz nach der Befruchtung, die Sexualkerne noch getrennt. Am Archegoniumhals noch einige Spermatozoën. *C* Id. nach der ersten Teilung der Eizelle. Vergr. 240. Nach CAMPBELL (V).

Von den über das tinktionelle Verhalten der Kerne der *Pteridophyten* vorliegenden Untersuchungen erwähne ich in erster Linie diejenigen von ROSEN (III), die an den Wurzelspitzen von *Oleandra* und *Polypodium* angestellt wurden. Diese stimmen demnach im wesentlichen mit den Wurzelspitzen der *Phanerogamen* überein. Beachtenswert ist jedoch, daß der genannte Autor in dem Kern der Scheitelzelle die Cyanophilie weniger ausgesprochen fand, als in dem Kern der ersten Kalotte und den von diesen unmittelbar abstammenden Kernen.

Nach den Untersuchungen von SCHOTTLÄNDER (I) enthält ferner die Eizelle von *Gymnogramme* einen von erytrophiler Membran umgebenen Kern, der ein weitmaschiges Netzwerk von ebenfalls erythrophiler Substanz und eine Anzahl großer Nukleolen einschließt. In den letzteren befanden sich zahlreiche Vakuolen. Der Kern der Bauchkanalzelle verhielt sich dem der Eizelle gleich, während sich in den Halskanal- und den Halszellen normale Kerne mit cyanophilem Kerngerüst befanden.

Ebenso beobachtete CAMPBELL (III, 241) in der Eizelle von *Isoëtes* einen großen Kern, der einen großen, stark tinktionsfähigen Nukleolus, außerdem aber nur wenig chromatische Substanz enthielt.

Die Reduktion der Chromosomenzahl findet bei den *Pteridophyten* vor der Teilung der Sporenmutterzellen statt; die redu-

zierte Chromosomenzahl findet sich also außer bei der Teilung der Sporenmutterzellen auch bei allen in den Prothallien stattfindenden Kernteilungen. Von den diesbezüglichen Untersuchungen erwähne ich in erster Linie diejenigen von STRASBURGER (XII, 827), der in den Teilungsfiguren der Sporenmutterzellen von *Osmunda regalis* 12 Chromosomen zählte. Die gleiche Zahl fand der genannte Autor auch in den Prothallien bis zur Anlage der Antheridien und Spermatozoën „annähernd konstant“. Bei den in den Sporangienanlagen stattfindenden Kernteilungen wurde dagegen die doppelte Zahl von Chromosomen beobachtet.

Bei *Psilotum triquetrum* zählte ROSEN (III) bei den Teilungsfiguren der vegetativen Zellen ca. 96, bei denen der Sporenmutterzellen ca. 48 Chromosomen. Außerdem konnte der genannte Autor bei *Psilotum*, *Osmunda* und *Polypodium* feststellen, daß vor der Teilung der Sporenmutterzellen im Chromatin die für die Synapsisphase charakteristischen Veränderungen, speciell die Bildung eines feinen Fadenwerks stattfindet.

Centralkörper wurden bei *Psilotum triquetrum* zuerst von HUMPHREY (II) in dem sporogenen Gewebe beobachtet; von GUIGNARD (V) wurde dann aber erst die allgemeine Verbreitung derselben und Persistenz während des Ruhestadiums der Kerne nachgewiesen. Nach HUMPHREY (II und III) sollen ferner in den Sporenmutterzellen von *Osmunda* die Centrosomen auch neben den ruhenden Kernen sichtbar sein.

Nach DE WILDEMAN (I und II) sollen dieselben schließlich durch Fixierung mit Chromessigsäure und Färbung mit Malachitgrün auch in den Sporenmutterzellen von *Equisetum* sichtbar gemacht werden können.

D. Bryophyten.

Die Kerne der *Bryophyten* scheinen ganz allgemein durch geringe Größe ausgezeichnet zu sein und wurden wohl auch namentlich aus diesem Grunde erst in neuerer Zeit eingehender untersucht. Sie dürften übrigens in allen wesentlichen Eigenschaften mit den Kernen der höheren Gewächse übereinstimmen und finden sich, soweit wir zur Zeit wissen, stets in Einzahl innerhalb der vegetativen, sowohl wie der generativen Zellen.

Von den generativen Zellen verdienen nun zunächst die Spermatozoën-Mutterzellen eine kurze Besprechung. Dieselben sollen nach GUIGNARD (I, 64) keine Nukleolen enthalten, während SCHOTTLÄNDER (I) bei *Aneura pinguis* zahlreiche, dem cyanophilen Kerngerüst eingebettete, erythrophile Körnchen beobachtete, die vielleicht durch Zerfall des Nukleolus entstanden waren.

Bezüglich der Bildung der Spermatozoën stehen sich bei den *Moosen* ebenso wie bei den *Farnen* noch verschiedene Ansichten einander gegenüber. Während nämlich BUCHTIEN (I, 37) und GUIGNARD (I, 62) aus ihren Beobachtungen folgern, daß bei den *Laub-* und *Lebermoosen* nur der Kern an der Bildung des Körpers der Spermatozoën teilnimmt, soll nach älteren Angaben von LECLERC DU SABLON (I) zunächst im Cytoplasma ein den ganzen Protoplasten umlaufender Faden entstehen, der dann mit dem Kerne in Berührung tritt und mit diesem den Körper des Spermatozoons bildet. Später wurde dann auch von STRASBURGER (V, 124) angegeben, daß die vorderste Spitze der Spermatozoën aus dem Cytoplasma hervorgeht.

An den ausgebildeten Spermatozoën beobachtete SCHOTTLÄNDER (I, 21), daß sie aus einer erythrophilen Grundsubstanz, die von einem cyanophilen Spiralbande umgeben ist, bestehen. Bei *Marchantia polymorpha* sollen nach SCHOTTLÄNDER (I, 23) ferner auch die Attraktionssphären in den Spermatozoën erhalten bleiben und eine geringe Anschwellung an der Basis der Cilien bilden. Uebrigens ist es wohl zum mindesten zweifelhaft, ob es sich hier wirklich um Attraktionssphären handelt.

Der Kern der Eizelle besitzt nach den Untersuchungen von SCHOTTLÄNDER (I, 24) bei *Marchantia polymorpha* eine deutlich hervortretende, erythrophile Membran, mehrere große, mit Vakuolen versehene Nukleolen und ein ebenfalls erythrophiles, substanzarmes Kerngerüst.

Die Kernteilungsfiguren der Moose zeigen, soweit sie bisher genauer untersucht wurden, ein vollständig normales Verhalten. Von FARMER (II, 471) wurde auch nachgewiesen, daß bei denselben eine Längsspaltung der Chromosomen stattfindet.

Eine etwas eingehendere Besprechung verdienen aber noch die von FARMER (II) specieller untersuchten Teilungen der Sporenmutterzellen. Diese zeigen im ersten Teilungsschritt bei *Fossombronia* und *Pellia* die für die heterotypische Kernteilung charakteristischen, ringförmigen Chromosomen. Bei *Fossombronia* hält FARMER auch für die zweite Kernteilung einen heterotypischen Verlauf für wahrscheinlich.

Bei *Pellia epiphylla* beobachtete FARMER (II, 484) innerhalb der Sporenmutterzellen häufig 4 Chromatingruppen in jedem Chromosom, was auf eine doppelte Zweiteilung schließen lassen würde. In manchen Fällen konnte der genannte Autor aber auch mehr als 4 solcher Gruppen unterscheiden.

Die Zahl der Chromosomen scheint nach den vorliegenden Untersuchungen bei den Moosen meistens vor der Reduktion 16 und nach derselben 8 zu betragen, und zwar findet sich die reduzierte Chromosomenzahl von der Teilung der Sporenmutterzellen bis zur Ausbildung der Sexualorgane. Es wurde dies von FARMER (II) speciell für *Fossombronia*, *Pellia* und *Fegatella* nachgewiesen, nachdem schon vorher SCHOTTLÄNDER (I) in den jungen Antheridien von *Marchantia polymorpha* 8 und FARMER & REEVES (I) bei der Teilung der Sporen von *Pellia epiphylla* ebenfalls 8 Chromosomen gezählt hatten. Bei *Aneura multifida* beobachtete FARMER (II, 489) dagegen eine größere Anzahl von Chromosomen. Ferner erwähne ich, daß FARMER (II, 488) in den keimenden Sporen von *Pellia epiphylla* mit Sicherheit geringe Abweichungen von der normalen Zahl und zwar in 2 Fällen 9, in einem 7 Chromosomen nachweisen konnte.

Bezüglich der der Reduktion der Chromosomen vorausgehenden Synapsisphase, die nach dem Obigen der ersten Teilung der Sporenmutterzellen vorausgeht, beobachtete FARMER (II, 473 und 481) bei *Fossombronia* und *Pellia*, daß das Chromatin sich um den aus seiner centralen Lage an die Peripherie des Kernes gerückten Nukleolus ansammelte und hier dickere und dünnere Fäden bildete. Die letzteren sollen auch eine Verbindung zwischen den dickeren Fäden und dem Nukleolus herstellen. Der genannte Autor hebt noch besonders hervor, daß das Cytoplasma während dieses Stadiums stark durch Safranin gefärbt werden soll.

Die Nukleolen zeigen nach FARMER (II) während der Karyokinese ein verschiedenartiges Verhalten. Bei *Fossombronia* sollen dieselben beim Beginn der Kernteilung zerfallen und dann die Teilstücke mit den Chromosomen in Berührung treten. Bei *Fegatella conica* beobachtete FARMER (II, 496) dagegen in der Umgebung der Spindel im Cytoplasma zahlreiche, nukleolenähnliche Kugeln. In den Tochterkernen sah der genannte Autor zunächst mehrere kleine Nukleolen auftreten, die später zu einem verschmolzen. Gleichzeitig verlor das Kerngerüst seine starke Tinktionsfähigkeit.

Centralkörper wurden bei den Moosen bisher nur in einigen ganz bestimmten Fällen beobachtet und bilden auch nach den Untersuchungen von FARMER kein konstantes Organ der Mooszellen. Am besten sichtbar sind dieselben nach FARMER & REEVES (I) bei der Teilung der Sporen von *Pellia epiphylla*. Es treten hier 2 Strahlensysteme auf, in denen in den meisten Fällen ein Centrosom nachgewiesen werden konnte. Zu dem gleichen Resultate gelangte FARMER (II) auch bei den Archesporzellen von *Fossombronia*; in manchen Fällen beobachtete er hier aber auch mehrere (3—4) Kugeln im Inneren der Polstrahlungen. Dahingegen konnten FARMER & REEVES (I) in den Sporen von *Pellia* und auch in den durch Teilung entstandenen Tochterzellen, sobald die Kerne in das Ruhestadium übergegangen waren, keine Centralkörper nachweisen. Ferner giebt FARMER (II, 497) an, daß bei *Fegatella* im Asterstadium die Centralkörper und Polstrahlungen unsichtbar werden, um während des Auseinanderweichens der Chromosomen wieder von neuem aufzutreten.

Der Vollständigkeit halber will ich an dieser Stelle noch erwähnen, daß DE WILDEMAN die schon von MOHL (I, 86) in den Sporenmutterzellen von *Anthoceros* während der Teilung derselben beobachteten, körnigen Massen als Centralkörper gedeutet hat. Da schon von STRASBURGER (VI, 161) nachgewiesen war, daß diese Körper sogar chlorophyllhaltig sind, kann wohl kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß die Deutung von DE WILDEMAN unrichtig ist.

Schließlich verdienen an dieser Stelle noch die von FARMER (II) bei der Teilung der Sporenmutterzellen beobachteten cytoplasmatischen Polstrahlungen eine kurze Besprechung. Dieselben zeigen bei den verschiedenen Arten ein verschiedenes Verhalten, und zwar treten in den vierlappigen Sporenmutterzellen der *Jungermannieen* vor dem Beginn der Kernteilung simultan 4 Polstrahlungen auf. Der Kern zeigte zu dieser Zeit bei *Fossombronia* eine tetraëderähnliche Gestalt, bei *Pellia* bildete er Protuberanzen nach den Strahlensystemen hin. Bei *Fossombronia* nähern sich dann je 2 Polstrahlungen einander und scheinen paarweise zu verschmelzen. Bei *Pellia* bleibt dagegen die quadripolare Spindel sicher in manchen Fällen erhalten; sie wirkt aber dann wie eine bipolare. Bei *Fegatella conica* und den anderen untersuchten *Marchantiaceen* (vielleicht mit Ausnahme von *Targionia*) beobachtete FARMER (II, 490, 499) dagegen während der ersten Teilung der Sporenmutterzellen stets nur 2 Centralkörper und Polstrahlungen.

E. Pilze.

a. Ascomyceten.

Daß in den vegetativen Zellen der *Ascomyceten* typische Zellkerne enthalten sind, wurde zuerst von SCHMITZ (II und III) nachgewiesen; später wurden die Angaben dieses Autors von verschiedenen Seiten bestätigt. Nach ZOPF (II, 377) sind speciell die Zellen von

Selinia pulchra durch bedeutende Kerngröße ausgezeichnet, so daß dieselben schon in den lebenden Zellen beobachtet werden können.

Bei den meisten Arten kommen nun konstant mehrere Kerne in jeder Zelle vor, doch wurden auch Arten mit einkernigen Zellen beobachtet. So giebt SCHMITZ (III, 195) an, daß bei *Erysiphe communis* in jeder Zelle des Mycels und der Conidienträger nur ein einziger Zellkern enthalten sei.

Einen oder mehrere Kerne fand SCHMITZ (III, 195) in den Zellen der reifen Sclerotien von *Claviceps purpurea* und in den Mycelzellen von *Penicillium glaucum*.

Konstant 2 Kerne beobachtete DANGEARD (IX, 32) in den vegetativen Zellen von *Exoascus deformans*, nur unmittelbar vor der Teilung enthielten dieselben infolge vorausgegangener Zweiteilung 4 Kerne.

Konstant mehrkernig sind nach SCHMITZ (III, 195) die Zellen des Mycels und die sterilen Zellen der Fruchtkörper von *Peziza convexula*. Dasselbe gilt nach DANGEARD (IX, 36) für *Peziza vesiculosa*. Bei *Aspergillus glaucus* zählte DANGEARD (IX, 48) in jeder vegetativen Zelle 3—30 Kerne. Auch bei *Helvella ephippium* beobachtete DANGEARD (IX, 42) bis zu 10 Kerne in den vegetativen Zellen.

Die Conidien von *Erysiphe communis* enthalten nach SCHMITZ (III, 194) einen Kern. In den jungen Conidienträgern von *Aspergillus glaucus* beobachtete ferner DANGEARD (IX, 48) mehrere Hunderte von Kernen, von denen durch die Sterigmen je einer in jede Spore eintritt. ISTVANFFI (II) konnte schließlich bei der *Sphacelia*-Vegetation von *Claviceps purpurea* nachweisen, daß in jede Conidie ein Kern eintritt.

Die jungen Asci enthalten, wie schon von SCHMITZ (II, 363) für verschiedene Gattungen nachgewiesen war, einen relativ großen Zellkern, der sich in eine, der Zahl der zu bildenden Sporen entsprechende Anzahl von Tochterkernen teilt.

In neuerer Zeit wurden nun aber namentlich von DANGEARD (IX) die ersten Entwickelungsstadien der Asci untersucht, und zwar sollen nach diesen Untersuchungen in den jungen Ascis stets zunächst 2 Kerne vorhanden sein, durch deren Verschmelzung, die als Sexualakt gedeutet wird, erst der eigentliche Ascuskern entstehen soll.

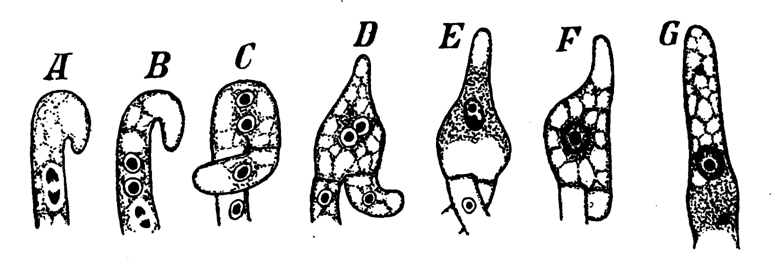


Fig. 54. *Peziza vesiculosa*. Bildung der Asci. Nach DANGEARD (IX, Fig. 6).

Speciell bei *Peziza vesiculosa* sollen nach DANGEARD (IX, 36), wie Fig. 54 zeigt, an der Spitze der hakenförmig gebogenen ascogenen Hyphen zunächst durch Teilung von 2 Kernen (*A*) zwei Paare von Kernen entstehen. Durch Bildung von zwei Querwänden soll dann von der ascogenen Hyphe eine mittlere Zelle abgeschieden werden (Fig. 54, *C* und *D*), die infolge der Krümmung der Hyphe nach oben

gerichtet ist und von jedem Kernpaar einen Kern enthalten soll. In dieser subapikalen Zelle findet dann, wie aus Fig. 54, *D* und *E* ersichtlich ist, eine Verschmelzung der beiden Kerne statt, und erst dann wächst dieselbe zum Ascus aus (Fig. 54, *F* und *G*). In diesem konnte übrigens DANGEARD (IX, 39) in einem gewissen Entwickelungszustande außerhalb des Kernes zwei kugelförmige Körper (Fig. 54, *G*) von sehr variabler Lage beobachten. Er hält dieselben für Centrosomen.

Aehnliche Vorgänge beobachtete DANGEARD (IX, 42) auch bei *Helvella ephippium*, *Geoglossum hirsutum* und *Acetabula Calyx*. Auch bei *Aspergillus glaucus* konnte er in den Zellen der ascogenen Hyphe 2 Kerne nachweisen, die später miteinander zu verschmelzen scheinen. Schließlich beobachtete er, daß, wie Fig. 55 zeigt, der Bildung der Asci von *Exoascus deformans* eine Verschmelzung der beiden, ursprünglich in diesen vorhandenen Kerne vorausgeht.

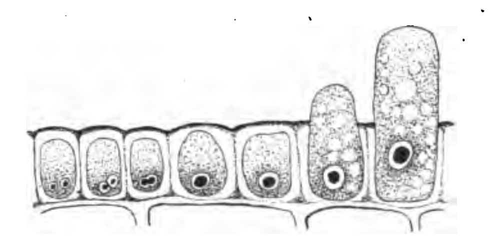


Fig. 55. *Exoascus deformans*. Kernverschmelzung bei der Bildung der Asci. Nach DANGEARD (IX, Fig. 4).

Gegen die Deutung der Kernverschmelzung im Ascus als Sexualakt spricht nun aber eine neuerdings von HARPER (II) bei *Sphaerotheca Castagnei* gemachte Beobachtung. Nach dieser findet nämlich bereits in einem früheren Stadium des Entwickelungsganges eine von einer Kernverschmelzung begleitete Vereinigung von zwei Zellen statt, die in der That mit dem Sexualakt der höheren Gewächse eine größere Uebereinstimmung zeigt. Es legt sich hier nämlich zunächst, wie in Fig. 56, *A* dargestellt ist, an die große als Oogon bezeichnete Zelle eine kleinere Antheridialzelle; in der diese Zellen voneinander trennenden Scheidewand entsteht sodann eine Perforation (Fig. 56, *B*), und es tritt durch dieselbe der Kern des Antheridiums in das Oogon ein, um mit dem Kerne desselben zu verschmelzen (Fig. 56, *C* und *D*).

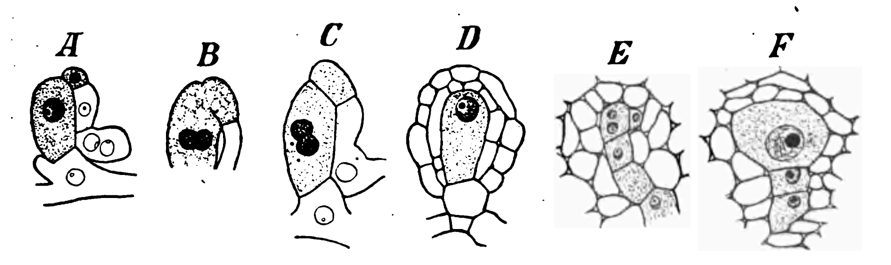


Fig. 56. *Sphaerotheca Castagnei*. *A* Oogonium und Antheridium vor der Verschmelzung; *B* u. *C* id. nach der Verschmelzung; *D* einzelliges Oogon mit 2 Schichten Hüllfäden; *E* ausgebildetes Ascogon; *F* junger Ascus und 2 Ascogonzellen. Nach HARPER (II).

Während dies geschieht, wird dann auch die Perforation zwischen Antheridium und Oogon wieder geschlossen und es bildet sich dann aus dem letzteren die ascogene Hyphe, die, wie Fig. 56, *E* zeigt, aus einer gekrümmten Reihe von 5—6 Zellen besteht. Von diesen enthält die vorletzte stets 2 relativ große Kerne und stellt die Mutter-

zelle des Ascus dar. Sie schwillt denn auch bald bedeutend an, während gleichzeitig die beiden ursprünglich vorhandenen Kerne ganz in der gleichen Weise, wie in den von DANGEARD geschilderten Fällen zu einem Kerne, der bald zu bedeutender Größe anwächst, verschmelzen (Fig. 56, *F*).

Nach den Beobachtungen von HARPER findet also bei *Sphaerotheca* in zwei verschiedenen Stadien des Entwickelungsganges eine Kernverschmelzung statt. Es ist auch zuzugeben, daß von diesen das erstere, bei dem gleichzeitig auch zwei ungleiche Zellen miteinander verschmelzen, mit dem typischen Sexualakt der anderen Gewächse eine größere Aehnlichkeit hat. Es dürfte somit nur die Möglichkeit übrig bleiben, bei *Sphaerotheca* entweder einen zweimaligen Sexualakt anzunehmen, wie dies ja auch, wie wir noch sehen werden, von SCHMITZ für die *Florideen* geschehen, oder der Kernverschmelzung im jungen Ascus die sexuelle Natur abzusprechen.

Für die letztere Annahme sprechen übrigens auch die ebenfalls von HARPER (I) in den Ascis von *Peziza Stevensoniana* gemachten Beobachtungen, nach denen die jungen Asci des genannten Ascomyceten stets 4 Kerne enthalten sollen, die zunächst paarweise zu 2 und dann zu 1 verschmelzen sollen (verg. Fig. 57, *A—C*).

Die Teilung des Ascuskernes wurde bei *Exoascus* zuerst von SADEBECK (I, 100) untersucht, und es wird von dem genannten Autor speciell das Vorhandensein von achromatischen Spindelfasern während derselben angegeben.

Ausführlicher beschreibt dann FISCH (II, 50) die Kernteilung von *Ascomyces endogenus.* Derselben geht demnach das Auftreten von größeren oder kleineren Körnchen im Zellkern voraus; dann bildet sich eine geringe Anzahl eiförmiger Chromosomen, die sich in der Aequatorialebene ansammeln, dann längs der kräftig entwickelten Spindelfasern auseinanderweichen und zu den Tochterkernen zusammentreten. Ob eine Längsspaltung der Chromosomen stattfindet, wurde nicht geprüft. Zu den gleichen Resultaten gelangte später auch SADEBECK (II, 124 und III, 18).

Etwas abweichend schilderte dagegen GJURASIN (I) die Kernteilung in den Ascis von *Peziza vesiculosa.* Die betreffenden Kerne sind danach durch äußerst schwache Ausbildung der chromatischen Elemente ausgezeichnet und durch bedeutende Größe des Nukleolus. Dieser verschwindet hier auffallenderweise erst nach Vollendung der Kernteilung. Im Cytoplasma konnte GJURASIN eine sehr deutliche, strahlige Struktur beobachten.

Eingehender wurde neuerdings von HARPER (I) die in den jungen Ascis von *Peziza Stevensoniana* stattfindende Kernteilung untersucht. Der, wie bereits erwähnt wurde, durch Verschmelzung von 4 Kernen entstehende Kern dieser Asci (Fig. 57, *A—C*) enthält in den ersten Teilungsstadien einen stark cyanophilen, gewundenen Chromatinfaden, der eine deutlich kernige Struktur zeigte und ein großes erythrophiles Kernkörperchen, manchmal außerdem noch ein oder zwei kleinere (Fig. 57, *D*). Alsbald bilden sich dann aber durch Kontraktion des Chromatingerüstes dickere Stäbchen, die Chromosomen, die unter sich sowie mit der Kernwandung durch sehr viele, fast achromatische Fasern verbunden sind (Fig. 57, *E*). Die Chromosomen sammeln sich dann in der Aequatorialebene an, und es entsteht gleichzeitig eine wohl ausgebildete Kernspindel (Fig. 57, *F*). Bald darauf findet ein Auseinander-

weichen der Chromosomenhälften (Längsspaltung der Chromosomen wurde zwar nicht direkt beobachtet) nach den Tochterkernen hin statt (Fig. 57 *G*).

Es ließ sich in diesem Stadium mit Sicherheit konstatieren, daß die Zahl der Chromosomen acht beträgt. An den Polen der Kernspindel beobachtet man ferner einen etwas abgeplatteten, kugeligen Körper, von dem deutliche Polstrahlungen ausgehen. Doch läßt sich kein Centrosom mit umgebendem hellen Hof unterscheiden; vielmehr besteht das Centrum aus dichtkörniger Substanz. Nach der Ankunft der Chromosomen an den Polen (Fig. 57, *H*) verschwinden allmählich die Polstrahlungen, und die Chromosomen bilden ein dichtes Häufchen

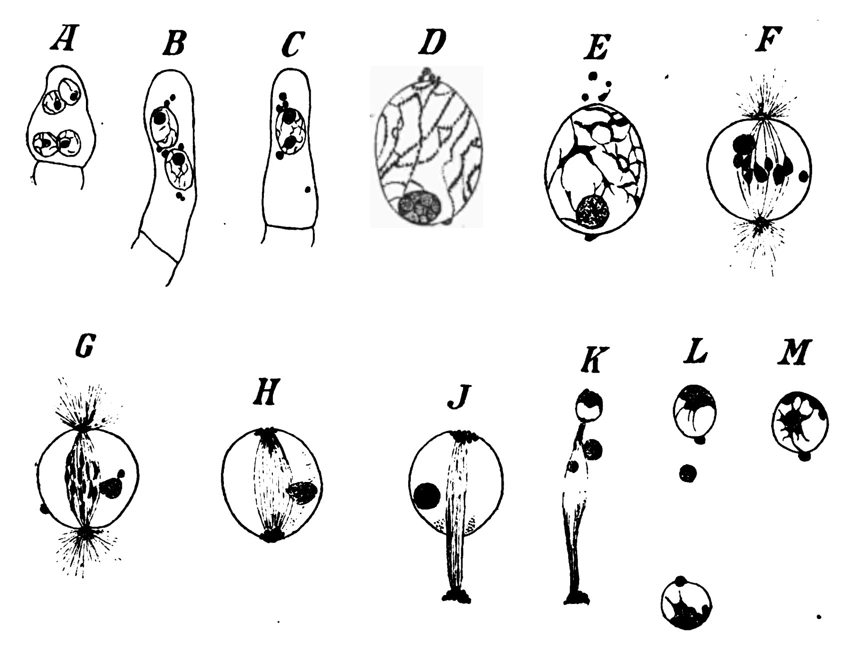


Fig. 57. *Pezixa Stevensoniana.* *A—C* junge Asci; *D—M* Kern aus dem Ascus in den aufeinander folgenden Teilungsstadien. Nach HARPER (I).

an der Innenseite der Kernwandung, die in diesem Stadium noch vollständig erhalten ist, erst bei dem weiteren Auseinanderweichen durchbrochen wird (Fig. 57, *J*) und dann plötzlich zu verschwinden scheint (Fig. 57, *K*). Die Spindelfasern werden gleichzeitig gerade gestreckt und bilden einen schmalen Cylinder zwischen den Tochterkernen. Erst nachdem sich das Chromatin der Tochterkerne mit einer Membran umgeben hat, verschwindet die Mutterkernspindel (Fig. 57, *L* und *M*).

Während dieser Zeit wird auf beiden Tochterkernen an der bisherigen Anheftungsstelle der Spindel ein sich blau färbender Körper sichtbar (Fig. 57, *L*). Derselbe soll aus dem zuvor am Pol der Kernspindel sichtbaren Körper entstehen, der durch den Tochterkern hindurchgezogen wurde, um auf der dem Aequator des Mutterkerns zugekehrten Seite zum Vorschein zu kommen. Die Nukleolen verlieren während der Kernteilung bedeutend an Größe. Ueberreste

derselben waren aber noch nach vollständiger Ausbildung der Tochterkerne im Cytoplasma nachweisbar.

Die beiden folgenden Teilungen zeigten im wesentlichen das gleiche Verhalten; bei der ersten derselben war noch mit Sicherheit das Vorhandensein von acht Chromosomen nachweisbar, für die letzte ist dies ebenfalls wahrscheinlich.

Bezüglich der Entstehung der Ascosporen wird von HARPER (I) angegeben, daß sich bereits während der Teilung der vier Tochterkerne zweiter Generation um diese eine Zusammenhäufung von Plasma bildet, so daß die nach Vollendung der letzten Teilung paarweise zusammenliegenden 8 Kerne von einer ziemlich scharf abgegrenzten und abgerundeten Plasmamasse umgeben sind (Fig. 58, *A*). Diese wird allmählich beim Voneinanderrücken der Kerne durchgeschnürt, und es befindet sich dann um jeden derselben eine elliptisch gestaltete Masse, die zunächst durch eine vollständig achromatisch bleibende Schicht begrenzt werden (Fig. 58, *B*). Auf der inneren Oberfläche dieser Schicht wird endlich die Sporenmembran angelegt.

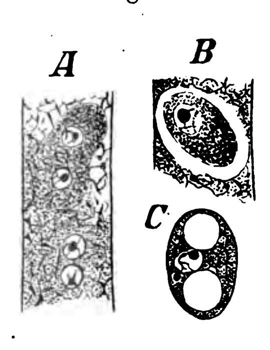


Fig. 58. *Pezixa Stevensoniana*. *A* Sporenanlagen, Zusammenhäufung des Plasmas um die Kernpaare dritter Generation. *B* Spore, durch eine helle Schicht abgegrenzt. *C* reife Spore. Nach HARPER (I).

Bezüglich der Zahl der in den reifen Ascosporen enthaltenen Zellkerne erwähnt HARPER, daß dieselben sowohl bei *Peziza Stevensoniana* (Fig. 58, *C*), als auch bei *Ascobolus furfuraceus*, *Peziza badia* und *Plicaria repanda* stets in Einzahl vorhanden sind. Die reifen Ascussporen von *Aspergillus glaucus* sollen dagegen nach DANGEARD (IX) 2 Kerne enthalten.

b) Flechten.

Von den *Flechten* hat DANGEARD (VIII) sowohl die *Algen* als auch die *Pilze* bezüglich ihrer Zellstruktur untersucht.

Was zunächst die Algen anlangt, so wies er nach, daß der bei *Cystococcus humicola* central gelegene runde Körper, der gewöhnlich für den Zellkern gehalten wird, in Wirklichkeit ein Pyrenoid darstellt. Der wirkliche Zellkern liegt seitlich in der Nähe der Membran.

Die vegetativen *Pilzzellen* enthalten im allgemeinen nur einen Kern. Speciell bei *Endocarpon pusillum* konnte DANGEARD (IX, 46) in jeder Zelle einen Kern nachweisen, der einige Chromatinkugeln und einen sehr kleinen excentrischen Nukleolus enthielt. In den vegetativen Zellen von *Collema* und *Peltigera* beobachtete er dagegen im allgemeinen 2—3 Kerne.

Die Vorgänge bei der Ascusbildung hat DANGEARD speciell bei *Endocarpon pusillum* untersucht. Demnach sollen die Papillen, aus denen sich die Asci bilden, zunächst stets 2 Kerne enthalten. Diese sollen einen etwas größeren Nukleolus enthalten, als die Kerne der vegetativen Zellen. Später verschmelzen die beiden Kerne. Der Nukleolus soll in den einkernigen Ascis zunächst seitlich liegen und sich schließlich ganz von der Chromatinmasse des Kernes loslösen, aber vor der Beendigung der ersten Teilung ganz verschwinden. Erst nach

der Vollendung der dritten Teilung sollen wieder Nukleolen in den Kernen auftreten. Die Chromosomen sollen hier während der Kernteilung gut sichtbar sein.

ISTVANFFI (II) konnte in den Spermatien verschiedener Flechten einen Kern nachweisen.

c) Basidiomyceten.

In den vegetativen Zellen der *Basidiomyceten* wurden zuerst von STRASBURGER (II, 325), der speciell *Agaricus campestris* untersuchte, Zellkerne nachgewiesen. WEISS (I, 193) gab sodann an, daß in den großen Zellen, aus denen die Milchröhren von *Lactarius deliciosus* hervorgehen, die Kerne leicht zu erkennen seien. Auch ISTVANFFI & JOHAN-OLSEN (I) fanden in den Milchsaftbehältern der *Basidiomyceten* stets mehrere Kerne. Bemerkenswert ist aber das Verhalten kugeliger, einzelliger Fettbehälter, diese sollen „einen ganz außergewöhnlich großen Zellkern enthalten, der den größten Teil des Lumens in Anspruch nimmt." Von ROSENVINGE (I) wurde dann die allgemeine Verbreitung der Kerne in den Zellen der *Basidiomyceten* nachgewiesen. Nach diesen Untersuchungen sind meist 2—4 Kerne in jeder vegetativen Zelle enthalten. DANGEARD (XI) beobachtete in den vegetativen Zellen der untersuchten *Protobasidiomyceten* und *Dacryomyceten* fast ausnahmslos zwei Kerne. Nach ISTVANFFI (II, 461) sollen im Mycel der *Hymenomyceten* stellenweise auch direkte Teilungen vorkommen.

Wenn im Gegensatz zu den obigen Angaben MACALLUM (II) das Vorkommen von echten Kernen in den vegetativen Zellen der Basidiomyceten für zweifelhaft hält, so ist der Grund hierfür wohl nur in der von diesem Autor angewandten Präparationsmethode zu suchen.

In den Conidien von *Tremella mesenterica* beobachtete DANGEARD (XI) teils zwei, teils nur einen Kern. In den Chlamydosporen von *Nyctalis parasitica* konnte er dagegen stets zwei Kerne nachweisen, die auch in mehrere Monate alten Sporen stets vollständig von einander getrennt waren.

ISTVANFFI (II, 464) fand in den Oidienketten von *Psathyra spadiceo-grisea* gewöhnlich zwei Kerne, bei *Collybia tuberosa* bald einen, bald zwei. Ebenso verhielten sich verschiedene andere Arten. In den Chlamydosporen von *Oligoporus ustilaginoides* fand der genannte Autor dagegen stets nur einen Kern. Bei *Nyctalis parasitica* beobachtete er (II, 463) ferner in den jungen Chlamydosporen stets nur einen Kern, derselbe teilte sich aber vor der Sporenreife karyokinetisch in zwei.

Bei *Oligoporus annosus* beobachtete ISTVANFFI (II) in den jungen Fruchtträgern sehr zahlreiche, kleine Kerne, von denen je einer durch die engen Sterigmen in die Conidien wandert. In diesen trat beim Beginn der Keimung eine schnelle Kernvermehrung ein. Namentlich an der Spitze der Keimschläuche fand ISTVANFFI die Zellen reich an Kernen. Dieselben sollen sich hier durch direkte Teilung vermehren.

Die Erscheinungen, welche die Kerne während der Entwickelung der Basidien zeigen, wurden zuerst von ROSEN (II) bei *Lepiota mucida* eingehender untersucht. Der genannte Autor hielt es auf Grund seiner Beobachtungen bereits für wahrscheinlich, daß der in den jungen Basidien enthaltene, relativ große Kern durch wiederholte Verschmelzung der kleinen, in der Basidialhyphe ursprünglich vorhandenen Kerne entsteht.

Dangeard (XI) suchte dann nachzuweisen, daß die Kerne der jungen Basidien allgemein zwei Kerne enthalten (Fig. 59, *A*), daß diese aber dann stets zu einem Kerne verschmelzen (Fig. 59, *B*–*D*). Der so gebildete Kern nimmt dann bedeutend an Größe zu (Fig. 59, *E*) und

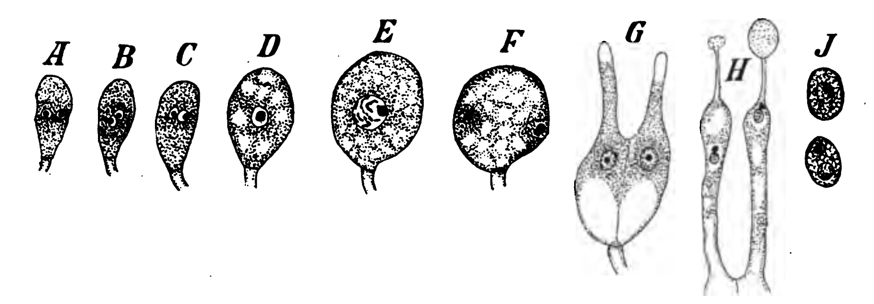


Fig. 59. *Tremella mesenterica.* *A*—*F* Entwickelung der Basidien. *J* Sporen. Vergr. 900. Nach Dangeard (XI).

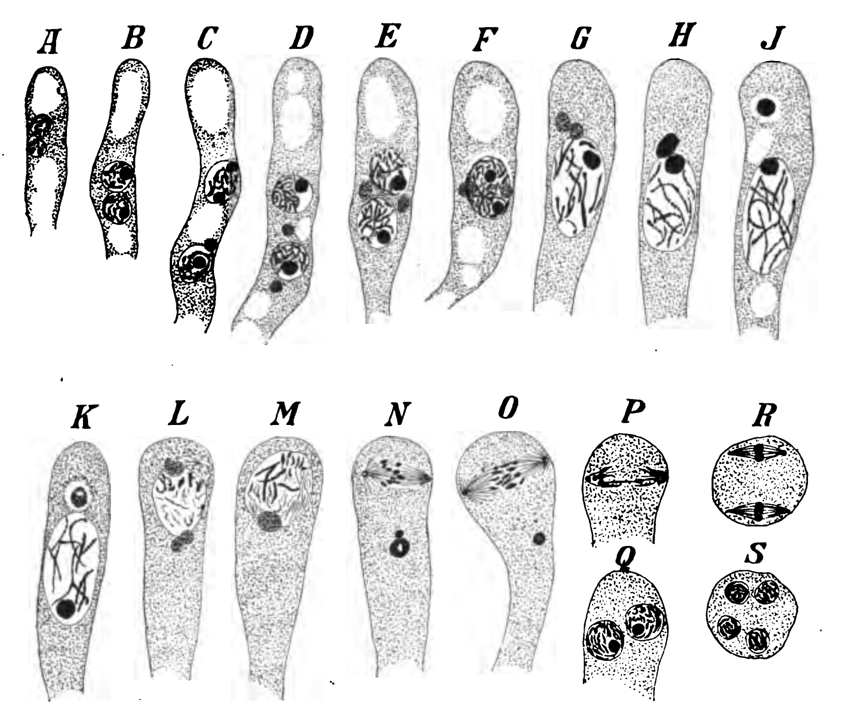


Fig. 60. *Agaricus galericulatus.* Basidienentwickelung. Nach Wager (IV).

liefert durch nachherige Teilung die in die Sporen hineinwandernden Kerne (Fig. 59 *F*–*J*). Eine derartige Kernverschmelzung wurde von Dangeard in den jungen Basidien von *Tremella mesenterica, Dacryomyces delinguescens, Calocera viscosa, Craterellus sinuosus, Nyctalis parasitica* und *Polyporus versicolor* nachgewiesen und wie die Kernverschmelzung in den jungen Ascis (vergl. S. 116) als Sexualakt ge-

deutet. Beachtenswert ist nun aber, daß WAGER (V, 496) in jungen Basidien von *Agaricus stercorarius* zwar ebenfalls konstant zwei Kerne, in denen von *Agaricus muscarius* teils zwei, teils drei Kerne beobachtete. Auch WAGER giebt aber an, daß diese Kerne stets zunächst zu einem Kern verschmelzen (vergl. Fig. 60, *A*—*F*). Derselbe zeigt dann noch ein bedeutendes Wachstum und besteht aus einer Membran, einem fädigen Chromatingerüst und einem großen Nukleolus, der zuweilen zahlreiche Vakuolen einschließt.

Bei der auf die Kernverschmelzung folgenden Teilung des Basidialkernes wurde zuerst von ROSEN (II) und WAGER (IV) das Auftreten eines Kernfadens beobachtet. Eingehender wurde der ganze Vorgang neuerdings von WAGER (IV u. VI) speciell bei verschiedenen *Agaricus* spec. untersucht (vergl. Fig. 60, *F*—*P*). Hiernach stimmt nun die Kernteilung in den Basidien allerdings in mancher Beziehung mit der typischen Karyokinese der höheren Gewächse überein; in manchen Punkten zeigt sie aber auch nicht unerhebliche Abweichungen von dieser, auch stimmen die bei den verschiedenen Pilzen beobachteten Bilder nicht in allen Details vollständig mit einander überein.

Bezüglich der Chromosomen bemerke ich zunächst, daß diese namentlich bei *Amanita muscaria* deutlich die Gliederung in die stärker tinktionsfähigen Chromatinkugeln und eine weniger leicht färbbare Grundmasse (Linin) erkennen lassen (Fig. 61). Ob eine Längsspaltung der Chromosomen stattfindet, konnte WAGER (V, 501) nicht mit Sicherheit entscheiden.

Bei *Agaricus stercorarius* beobachtete ferner WAGER, daß sich die schließlich fast kugelförmig werdenden Chromosomen, wie Fig. 62, *A* zeigt, an einer Seite des Kernes ansammeln, während sich der große Nukleolus an der gegenüberliegenden Seite befindet. Der letztere kann sich dann, wie in Fig. 62, *B* u. *C* dargestellt ist, ganz von der Kernspindel loslösen.

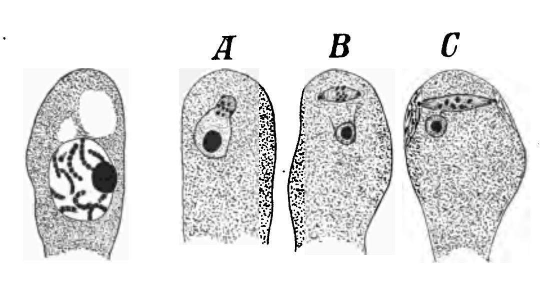


Fig. 61. Fig. 62.

Fig. 61. *Amanita muscaria*. Junge Basidie. Nach WAGER (V).

Fig. 62. *Agaricus stercorarius*. Junge Basidie mit Kernteilungsstadien. Nach WAGER (V).

Ueber das tinktionelle Verhalten der Chromosomen erwähnt WAGER (V), daß dieselben zunächst cyanophil sind, alsbald aber erythrophil werden, während gleichzeitig die Nukleolen die umgekehrte Farbenänderung zeigen. WAGER schließt hieraus auf eine Aufnahme von Nukleolarsubstanz in dem Kernfaden.

Bezüglich der Nukleolen erwähne ich noch, daß WAGER dieselben vielfach noch lange Zeit während der Karyokinese erhalten bleiben sah (vergl. Fig. 60, *N* u. *O* und Fig. 62, *B* u. *C*). Vor der vollständigen Ausbildung der Tochterkerne sah er dieselben aber stets gänzlich verschwinden. Außerdem beobachtete WAGER auch vor der ersten Kernteilung im Cytoplasma wiederholt nukleolenähnliche Körper (Fig. 60, *C*—*G*), von denen es sich aber zur Zeit noch nicht mit Sicherheit entscheiden

läßt, ob sie in Wirklichkeit Nukleolen oder Centrosomen darstellen. Bedeutend kleinere, stark tinktionsfähige Körper konnte WAGER an den beiden Polen der Kernspindel nachweisen (Fig. 60, *N* u. *O*, Fig. 62, *B* u. *C*). Er läßt es aber auch hier zweifelhaft, ob es sich bei denselben um echte Centrosomen handelt.

Aehnliche Beobachtungen wurden übrigens auch von DANGEARD (XI) gemacht. Derselbe fand zunächst bei *Tremella mesenterica*, daß bei der Einwanderung der Kerne in die Basidiosporen der Nukleolus sich vollständig von der übrigen Kernmasse loslöste (vergl. Fig. 59, *H* auf S. 122). Ebenso beobachtete er auch in den reifen Sporen neben dem Kerne einen nukleolenähnlichen Körper, von dem er es aber zweifelhaft läßt, ob er von den Nukleolen abstammt. Er bezeichnet ihn als Centrosom. Aehnliche, ebenfalls als Centrosomen gedeutete Körper beobachtete DANGEARD (XI) bei *Polyporus sulfureus*.

Bezüglich der späteren Schicksale der Basidialkerne erwähne ich noch, daß dieselben nach den Beobachtungen von WAGER nach Beendigung der zweiten Teilung, wie Fig. 63, *A* und *B* zeigen, nach der Basis der Basidie hinwandern, wo sie einander so nahe liegen, als wenn sie mit einander verschmelzen wollten. Später rücken sie dann aber wieder nach den Sterigmen zu auseinander (Fig. 63, *C*) und treten durch diese in die Sporen hinein. Zuvor sollen die Kerne aber wieder bedeutend kleiner werden und ihr Kerngerüst kaum von dem umgebenden Cytoplasma zu unterscheiden sein.

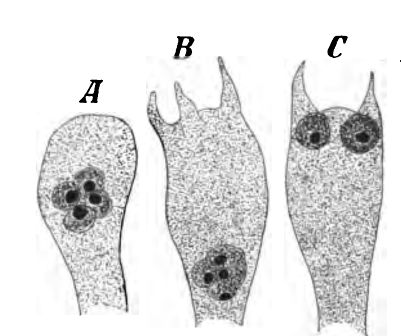


Fig. 63. *Agaricus stercorarius*. Basidien vor und während der Sterigmenbildung. Nach WAGER (V).

In den reifen Basidiosporen von *Agaricus stercorarius* beobachtete WAGER (III) zwei Kerne.

Zu etwas abweichenden Resultaten gelangte dagegen ISTVANFFI (II, 460). Nach den Untersuchungen dieses Autors sollen bei *Dacryomyces* in jedem Basidienaste zwei Kerne enthalten sein, von denen der eine in die zu bildende Spore wandert, während der andere zurückbleibt. Ebenso soll auch bei *Hydrangium carneum* die Basidie nach der Sporenreife noch einen Kern enthalten.

d) Uredineen.

Bezüglich der Kerne der *Uredineen* liegt eine ältere Angabe von SCHMITZ (III, 195) vor, nach der in den Teleutosporenzellen von *Puccinia malvacearum* je ein Kern enthalten ist, während in den vegetativen Zellen und Uredosporen von *Coleosporium campanulae* meistens je zwei Kerne beobachtet wurden. Später fand ROSEN (II, 35) auch bei verschiedenen anderen *Uredineen* innerhalb der Spermatien, Aecidium- und Teleutosporen je 2 Kerne, die unter sich in ihren morphologischen Eigenschaften stets völlig übereinstimmten.

Ebenso haben auch die neueren Untersuchungen von DANGEARD & SAPIN-TROUFFY (I), sowie die von POIRAULT & RACIBORSKI (I) zu dem Resultat geführt, daß die Zellen der *Uredineen* im allgemeinen

zwei Kerne enthalten. Da ferner von den letztgenannten Autoren der Nachweis geführt war, daß die beiden Kerne während der Teilung zu einer symmetrischen, karyokinetischen Figur zusammentreten, so scheint es nicht unberechtigt, dieselben mit einer besonderen Bezeichnung zu belegen, und zwar wurde von den genannten Autoren für dieselben der Ausdruck conjugierte Kerne vorgeschlagen.

Bemerkenswert ist nun aber, daß in den reifen Sporen der *Uredineen* jedenfalls in vielen Fällen eine Verschmelzung der Kerne stattfindet. Das Vorkommen einer solchen wurde bereits von Rosen (II) für sehr wahrscheinlich gehalten, weil er die Kerne mit der Reife der Sporen stets sehr nahe zusammenrücken sah. Nachgewiesen wurde dieselbe dann für verschiedene Teleutosporen durch die Untersuchungen von Dangeard & Sapin-Trouffy (I), die in dieser Kernverschmelzung einen Sexualakt sehen. Für diese Annahme scheint in der That zu sprechen, daß namentlich nach den Untersuchungen von Poirault & Raciborski (I) unzweifelhaft ist, daß die beiden verschmelzenden Kerne ganz verschiedenen Entwickelungsreihen angehören. Gegen die Annahme von Dangeard würde aber sprechen, wenn wirklich auch in den Aecidiosporen eine Kernverschmelzung stattfände. Wenigstens würden dann im Entwickelungsgang der gleichen Pflanze verschiedene Sexualakte stattfinden. Uebrigens liegen gerade über diesen Punkt noch voneinander divergierende Angaben in der Litteratur vor.

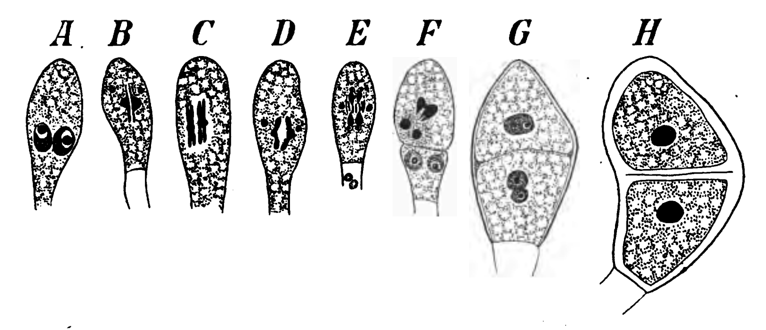


Fig. 64. *Puccinia liliacearum.* *A* Ende der sporogenen Hyphe; *B—E* Idem mit Kernteilungsstadien; *F* u. *G* Teleutosporen, 8 reife Teleutospore. Nach Poirault & Raciborski (I).

Bezüglich der speciell bei der Bildung der Teleutosporen zu beobachtenden Vorgänge erwähne ich nun noch, daß nach den von Poirault & Raciborski (I) speciell bei *Puccinia liliacearum* angestellten Untersuchungen in der sporogenen Hyphe stets zwei Kerne enthalten sind. Nach der ersten gleichzeitigen Teilung derselben wird die Stielzelle mit zwei Kernen abgeschieden. Die beiden Kerne der Sporenmutterzelle teilen sich dann nochmals (Fig. 64, *A—E*) und es findet dann die Querteilung der Teleutosporen statt, die also in jeder Zelle zwei Kerne enthalten (Fig. 64, *F*, *G*). Diese verschmelzen vor der völligen Reife mit einander (Fig. 64, *H*). Aus der Fig. 64, *F* ist ferner noch ersichtlich, daß die Bildung der Tochterkerne in den beiden Sporenzellen sehr verschieden schnell verläuft.

Bei *Coleosporium euphrasiae* beobachteten Poirault & Raciborski in der sporogenen Hyphe der Teleutosporen zunächst zwei Kerne;

diese verschmelzen mit einander, und der durch Fusion entstandene Kern teilt sich zweimal unter gleichzeitiger Zellteilung, so daß die vier Zellen der Teleutosporen je einen Kern enthalten.

Bei den untersuchten *Aecidium* spec. finden sich nach den Angaben von POIRAULT & RACIBORSKI (I) in der sporogenen Hyphe (Fig. 65, *A*) stets zwei Kerne. Diese teilen sich fortgesetzt, und es gehen stets die beiden oberen Kerne in eine Sporenmutterzelle (Fig. 65, *B* u. *C*) über. In dieser findet dann eine nochmalige Teilung statt, es werden aber von den so entstandenen vier Kernen, wie schon von ROSEN (II) nachgewiesen wurde, zwei in die sogenannte Zwischenzelle (Fig. 65, *D*) abgeschieden. In den reifen Aecidiumsporen beobachteten POIRAULT & RACIBORSKI (I) im Gegensatz zu DANGEARD & SAPIN-TROUFFY (I) stets zwei Kerne, die allerdings zuweilen unmittelbar aneinander hafteten.

Hinsichtlich der Spermatien von *Puccinia liliacearum* sind POIRAULT & RACIBORSKI (I, 11) noch nicht zu abschließenden Resultaten gelangt.

Bezüglich der Kernteilungsfiguren der *Uredineen* ist vor allem bemerkenswert, daß sich nach den Untersuchungen von POIRAULT & RACIBORSKI (I) in zweikernigen Zellen die beiden Kerne vor der Teilung stets einander nähern und zusammen eine symmetrische Figur (Fig. 64, *B* und Fig. 66, *A*) bilden, die mit den typischen, karyokinetischen Figuren eine große Aehnlichkeit besitzt. Da ferner jeder Kern ein Chromosom liefert, so enthält natürlich der von den beiden konjugierten Kernen gebildete Komplex zwei Chromosomen. Diese besitzen eine mehr oder weniger regelmäßig rechteckige Gestalt (Fig. 66, *A*) und werden im weiteren Verlauf der Karyokinese stets in der Längsrichtung gespalten (Fig. 64, *C*). Die Tochterchromosomen weichen dann auseinander und zeigen, bevor sie sich — jedes für sich — zu dem Chromatingerüst der Tochterkerne umgewandelt haben, häufig eine sichelförmige Gestalt (Fig. 66, *B*).

Fig. 65.

Fig. 65. *Peridermium Pini acicolum.* Bildung der Aecidiosporen. *A* sporogene Hyphe, in dieser 2 Kerne in Teilung, *B* u. *C* Sporen-Mutterzellen, *D* Zwischenzelle, *E* junge Spore. *n* Nukleolen. Nach POIRAULT & RACIBORSKI (I).

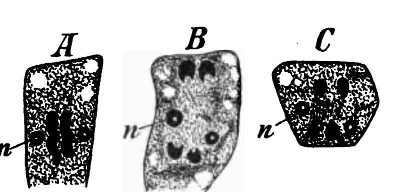


Fig. 66.

Fig. 66. *Peridermium Pini acicolum.* Kernteilungsstadien. *A* u. *B* Ende der sporogenen Hyphe, *C* Sporen-Mutterzelle, *n* Nucleolus. Nach POIRAULT & RACIBORSKI (I).

Bei *Coleosporium euphrasiae*, bei dem, wie bereits erwähnt wurde, die Verschmelzung der beiden Kerne bereits in der Sporenmutterzelle stattfindet, beobachteten POIRAULT & RACIBORSKI konstant zwei Chromosomen; dasselbe war auch noch innerhalb der bei der Keimung der Teleutosporen gebildeten Sporidien der Fall. In der ersten Teilungsphase der Teleutosporen von *Coleosporium* beobachteten POIRAULT & RACIBORSKI ein deutliches Knäuelstadium mit langem, gewundenem Kern-

faden, von dem sie es aber unentschieden lassen, ob er aus einem Stück besteht.

Die Nukleolen treten bei den karyokinetischen Teilungen in den *Aecidium*-Fruktifikationen nach POIRAULT & RACIBORSKI (I) ins Cytoplasma (Fig. 65 *n*). In der sporogenen Hyphe sollen sie hier nach vorheriger Vergrößerung der eingeschlossenen Vakuole vor der völligen Ausbildung der Tochterkerne verschwinden. In diesen treten die neuen Nukleolen etwa gleichzeitig mit der Membran auf. Die bei der Teilung der Sporenmutterzellen in das Cytoplasma gelangten Nukleolen bleiben dagegen länger erhalten. Einer derselben war sogar in einer nahezu reifen Spore noch nachweisbar (Fig. 67, *B*, *n*). Die Kerne der Zwischenzellen sollen vor dem Absterben ihre Nukleolen ausstoßen (Fig. 67, *A*).

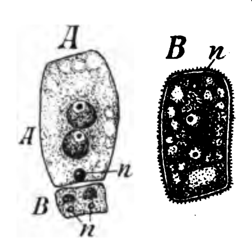


Fig. 67. *Peridermium pini acicolum.* *A* junge Spore (*A*) mit Zwischenzelle (*B*); *B* nahezu reife Spore. *n* Nukleolen. Nach POIRAULT & RACIBORSKI (I).

Auch bei der Bildung der *Puccinia*-Sporen beobachteten POIRAULT & RACIBORSKI (I) das Austreten der Nukleolen während der Karyokinese (Fig. 64, *B*—*F*). Ebenso sahen sie auch in den vegetativen Hyphen den Nucleolus in der Nähe der karyokinetischen Figuren liegen.

e) Ustilagineen.

Die Zellen des sporenbildenden Mycels von *Ustilago longissima* sind nach SCHMITZ (II, 361) zunächst stets mehrkernig. Dieselben zerfallen dann aber in einkernige Gliederzellen, von denen jede eine Spore liefert. Zu ähnlichen Resultaten gelangte auch FISCH (I 150). Ebenso giebt ferner auch ISTVANFFI (II) an, daß die Sporen der *Ustilagineen* stets nur einen Kern enthalten.

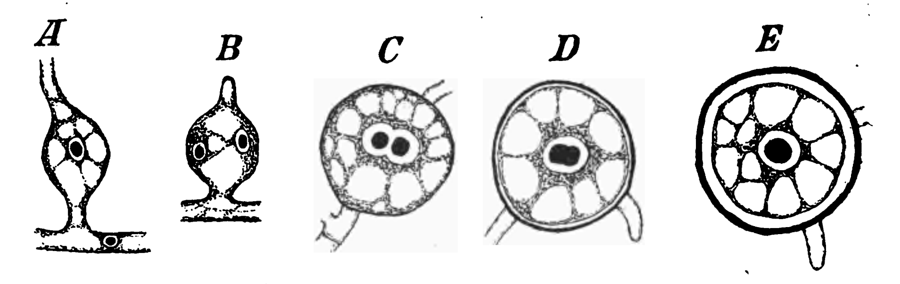


Fig. 68. *Entyloma Glaucii.* Entwickelung der Sporen. Nach DANGEARD (VII).

Bei *Entyloma Glaucii* beobachtete dagegen DANGEARD (VII) in den Sporenanlagen stets zwei Kerne (Fig. 68, *B*). Diese verschmelzen aber vor der Reife der Sporen mit einander (Fig. 68, *C*—*E*), was von DANGEARD als Sexualakt gedeutet wird.

Die Zellen der hefeartig sprossenden Zellen der *Ustilagineen* enthalten nach den Beobachtungen von MÖLLER (I, 549) stets nur einen Kern. ISTVANFFI (II, 458) fand dagegen, daß dieselben

bei lebhafter Sprossung gewöhnlich mehrere Kerne einschließen. Bei *Ustilago cruenta* fand er z. B. häufig in jeder Conidie einen centralen Kern und je einen polaren. Letztere teilten sich, sobald ein neuer Sproß gebildet wurde, und es trat dann auch sofort ein Tochterkern in jede Zelle über.

f) Saccharomyceten.

Ueber die Frage, ob die Hefezellen echte Kerne besitzen, liegt bereits eine sehr umfangreiche Litteratur vor. Von SCHMITZ (II, 362) wurden zuerst in den Zellen von *Saccharomyces cerevisiae* und *Mycoderma vini* mit Hilfe geeigneter Tinktionsmethoden stärker färbbare Körper nachgewiesen, die von ihm als Zellkerne gedeutet wurden. Später haben sich dann auch STRASBURGER (II), HANSEN (I), ZIMMERMANN (I, 26 und VIII, 420), ZACHARIAS (V), ZALEWSKI (I), DANGEARD (X), MÖLLER (I u. II), JANSSENS (I) und BUSCALIONI (II) mehr oder weniger entschieden für das Vorhandensein von echten Zellkernen in den Zellen der *Saccharomyceten* ausgesprochen, während dasselbe von KRASSER (II u. III), HIERONYMUS (II), RAUM (I), MACALLUM (II, 245) und EISENSCHITZ (I) bestritten wurde.

Die negativen Ergebnisse der letztgenannten Autoren dürften nun wohl unzweifelhaft in erster Linie darauf zurückzuführen sein, daß dieselben ungeeignete Präparationsmethoden bei ihren Untersuchungen verwandt haben. Daß in dieser Hinsicht die Kerne der Hefezellen viel empfindlicher sind, als die der meisten anderen Gewächse, wird ja von allen, die sich mit der Untersuchung der Hefezellen beschäftigt haben, zugegeben. Nachdem es aber namentlich MÖLLER (II) und JANSSENS (I) gelungen, in allen daraufhin untersuchten Hefearten und in allen Entwickelungsstadien derselben durch die gleichen tinktionellen Eigenschaften charakterisierte Körper nachzuweisen, scheint mir ein Zweifel an der Kernnatur derselben nicht mehr berechtigt.

So will ich denn auch von den die Kernhaltigkeit der Hefezellen bestreitenden Arbeiten nur auf diejenige von HIERONYMUS (II) etwas näher eingehen. Nach dieser sollen die Hefezellen eine ähnliche Struktur besitzen, wie er sie auch für die *Cyanophyceen* (s. u.) angegeben hat: Sie sollen einen mehr oder weniger dicht verschlungenen „Centralfaden“ enthalten, dem eine große Anzahl eckiger Körnchen, die HIERONYMUS für Krystalloide hält, eingebettet sein sollen. Bei einer Nachuntersuchung dieser Beobachtungen, die Herr Dr. A. GÖRTZ auf Veranlassung des Verf. ausgeführt hat (vergl. ZIMMERMANN VIII, 420) gelang es jedoch nicht, eine irgendwie regelmäßige Anordnung der betreffenden stark lichtbrechenden Inhaltskörper und noch weniger irgend eine fibrilläre Struktur in den Hefezellen nachzuweisen.

Ueber die Kernteilung der *Saccharomyceten* liegen Angaben von JANSSENS, MÖLLER und BUSCALIONI vor. Nach JANSSENS (I) soll dieselbe sowohl während der Sprossung als auch während der Sporenbildung durch Karyokinese geschehen. Leider sind aber aus der kurzen vorläufigen Mitteilung, auf die, so viel mir bekannt geworden, eine ausführliche Arbeit noch nicht gefolgt ist, weitere Details nicht zu ersehen. Dahingegen beobachtete MÖLLER (II, 407) bei der Sporenbildung von *Saccharomyces cerevisiae*, wie der normal runde Kern zunächst unter Substanzzunahme fädig gestreckt wird und dann Hantelform annimmt. Die polaren Köpfe rücken dann an die entgegengesetzten Enden der

Zelle und der sie verbindende Zwischenfaden wird zerrissen und verschwindet.

Zu ähnlichen Resultaten gelangte Buscalioni (II) durch Untersuchung von *Saccharomyces guttulatus*. Fig. 69, *A* stellt zunächst eine ruhende Zelle dieses Pilzes dar, während Fig. 69, *B* u. *C* zwei Stadien der Sprossung mit dem langen fädigen Verbindungsstück zwischen den beiden Tochterkernen demonstriert. Durch ähnliche, aber fädige Differenzierungen zeigende Teilungen werden die Kerne der Sporen (Fig. 69, *D*) gebildet.

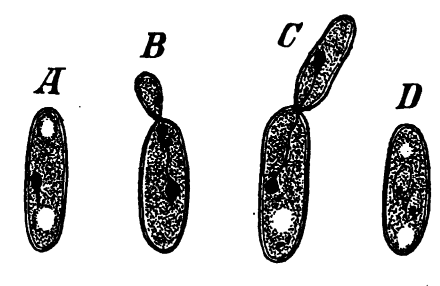


Fig. 69. *Saccharomyces guttulatus*. *A* Zelle mit ruhendem Kern. *B* u. *C* Stadien der Sprossung. *D* Sporenbildung. Nach Buscalioni.

g) Oomyceten.

1) Entomophthoraceae. In den vegetativen Zellen von *Empusa muscae* beobachtete Maupas (II, 251) zahlreiche Kerne, die wahrscheinlich je ein Kernkörperchen enthielten. Sehr große Kerne finden sich ferner nach den Untersuchungen von Vuillemin (I, 38) in den Hyphen von *Entomophthora glaeospora*. Der Durchmesser kann hier bis 12 μ betragen. Ein Nukleolus konnte in denselben nicht nachgewiesen werden. Es wurden in ihnen aber chromatische Stäbchen beobachtet, die auf karyokinetische Teilung zurückgeführt werden. Vereinzelt fand Verf. auch eigenartige sehr chromatinarme Kerne unmittelbar neben chromatinreichen; die Ursache dieser Erscheinung bedarf noch der Aufklärung, ist aber wohl ähnlicher Art, wie bei den von Rosen an den *Myxomyceten* (s. u.) beobachteten Erscheinungen.

Abweichend von den obengenannten Pilzen verhält sich dagegen der bislang gewöhnlich unter den *Entomophthoreen* eingereihte *Basidiobolus ranarum*. Derselbe enthält, wie schon von Eidam (I) angegeben wurde, in jeder Zelle einen relativ großen Kern mit deutlichem Nukleolus. Mit einer gewissen Berechtigung wurde deshalb von Raciborski (IV) der Vorschlag gemacht, den *Basidiobolus* ganz von den *Entomophthoreen* abzutrennen und zusammen mit den großkernigen *Chytridiaceen* zu der Gruppe der *Archimyceten* zu vereinigen, denen er die im vegetativen Zustande vielkernige Schläuche bildenden *Entomophthoreen*, *Peronosporeen* und *Mucorineen* als *Siphomyceten* gegenüberstellt.

Bei der Bildung der Zygosporen von *Basidiobolus* wurden von Eidam (I) sehr eigenartige Kernteilungsfiguren beobachtet. Bei denselben soll die chromatische Substanz zunächst in drei auch in der Längsrichtung miteinander verbundene chromatische Querplatten gesondert sein, und es sollen dann durch Spaltung der mittleren Platte und Auseinanderweichen der so gebildeten Kernhälften die beiden Tochterkerne entstehen.

In den ausgebildeten Zygosporen konnte Eidam keine Verschmelzung der Sexualkerne beobachten. Chmielewsky (I) wies dann aber nach, daß die beiden in der Zygospore enthaltenen Kerne meist erst nach ca. 2 Wochen miteinander verschmelzen. Nach Raciborski (IV)

läßt sich durch Austrocknenlassen eine Beschleunigung dieses Prozesses bewirken. Von besonderem Interesse ist nun aber, daß die Zygoten nach Verschmelzung der Kerne erst nach längerer Ruheperiode zur Keimung gelangen, während dieselben vor der Kernverschmelzung nach der Uebertragung in günstigere äußere Bedingungen direkt auszukeimen vermögen. In den entstehenden Keimschlauch treten dann die beiden getrennten Sexualkerne hinein und scheinen sich somit auch ohne vorherige Verschmelzung in vegetative Kerne verwandeln zu können.

Schließlich sei bezüglich des *Basidiobolus* noch erwähnt, daß derselbe nach den Beobachtungen von Raciborski (IV) nach der Uebertragung in entsprechend konzentrierte Nährlösung bei erhöhter Temperatur eigenartige, sehr große und vielkernige Riesenzellen bildet, die jedoch nicht mehr entwickelungsfähig zu sein scheinen. Die Vermehrung der Kerne geschieht in diesen Riesenzellen durch indirekte Teilung.

2) Chytridiaceen. Die Kerne der *Chytridiaceen*-Schwärmer sind nach den Beobachtungen von Nowakowski (I) und Zopf (III) durch starke Lichtbrechung ausgezeichnet, und es wurde auch bereits S. 48 erwähnt, daß diese starke Lichtbrechung nach Zopf durch hohen Fettgehalt bewirkt werden soll. Ferner wurde auch bereits S. 13 u. 14 darauf hingewiesen, daß die stark lichtbrechenden Kerne von *Amoebochytrium rhizidioides* lebhafte, amöboide Bewegungen ausführen (vergl. auch Fig. 8, S. 14).

Eingehender wurden in neuerer Zeit die Kerne von *Synchytrium taraxaci* von Dangeard (I und III, 71) und später auch von Rosen (II) untersucht. Die jungen Parasiten enthalten nach diesen Untersuchungen einen relativ großen Kern (14 μ im Durchmesser), in dem Rosen einen mit Vakuolen versehenen, großen Nukleolus und ein cyanophiles Kerngerüst nachweisen konnte. Diese Kerne teilten sich nun nach den Angaben von Rosen (II) zunächst, ohne daß eine regelmäßig angeordnete, chromatische Figur entstände; nur der Umstand, daß die chromatische Substanz in festere Stränge zusammengezogen wird, erinnert an die indirekte Kernteilung der höheren Gewächse. Merkwürdig ist nun aber, daß während der späteren Teilungen die Kerne immer chromatinreicher werden, daß die chromatischen Elemente sich dann auch zu einer äquatorialen Platte anordnen, und daß schließlich sogar Andeutungen von Spindelfasern sichtbar werden. Die Zoosporen enthalten nach Dangeard (III) einen Kern. In den Dauersporen beobachtete der genannte Autor ebenfalls einen Kern, der eine bald centrale, bald mehr parietale Lage hatte. Schließlich giebt Dangeard (III) auch an, daß bei den aus Mangel an Nährstoffen substanzarm gewordenen Zellen von *Synchytrium* die Kerne das Aussehen von Vakuolen annehmen, indem der Nukleolus ganz und das Kerngerüst bis auf wenige Granulationen verschwindet.

Außerdem liegen nun noch folgende Angaben über das Verhalten der Kerne bei den verschiedenen Arten der *Chytridiaceen* vor:

Im Plasma von *Olpidiopsis saprolegniae* wurden von Schmitz (II, 361) zahlreiche Kerne nachgewiesen. Nach A. Fischer (I, 64 d. Sep.) findet ferner vor der Schwärmerbildung eine Vermehrung derselben statt, die ausschlüpfenden Schwärmer enthalten je einen Kern. In den Dauersporen fand Dangeard (II, 89) dagegen mehrere Kerne.

Woronina polycystis stimmt nach Fischer (I) mit *Olpidiopsis*

überein und enthält zahlreiche Kerne. Nach neueren Untersuchungen von DANGEARD (III, 86) sind dieselben zum Teil sehr chromatinreich, zum Teil enthalten sie einen relativ großen Nukleolus. Erheblich größere und mit einem deutlichen Nukleolus versehene Kerne beobachtete DANGEARD (III, 87) bei *Rozella septigena.*

In den jungen Sporangien von *Rhizidium intestinum* beobachtete DANGEARD (III, 92) zahlreiche Kerne.

Bei *Vampyrella vorax* beobachtete DANGEARD (II) in den vegetativen Zellen eine große Anzahl von Zellkernen, die einen deutlichen Nukleolus besaßen.

3) Peronosporeen. Bei *Peronospora calotheca* wurden von SCHMITZ (II, 360) in den vegetativen Hyphen zahlreiche Kerne nachgewiesen. Nach den neueren Angaben von WAGER (II, 133) besitzen die ebenfalls in großer Zahl in den vegetativen Hyphen von *Peronospora parasitica* vorkommenden Kerne ein sehr stark tinktionsfähiges Kerngerüst. Während der Teilung dieser Kerne treten ferner fädige Strukturen auf, die nach den beiden Tochterkernen auseinanderweichen. Eine Längsspaltung der Chromosomen konnte jedoch ebensowenig beobachtet werden, wie das Auftreten von achromatischen Spindelfasern. Andeutungen von den letzteren fand WAGER (II, 137) aber in den jungen Oogonien von *Peronospora parasitica.* Ebenso konnte der gleiche Autor (VI) auch in den Oogonien von *Cystopus candidus* die Bildung einer Kernplatte und achromatischen Spindel bei der Kernteilung nachweisen. Bemerkenswert ist noch, daß die Kernmembran während des ganzen Verlaufs der Kernteilung erhalten bleiben soll.

In den Conidien von *Peronospora parasitica* beobachtete WAGER (II) zahlreiche Kerne, die relativ große Nukleolen enthielten. Das gleiche Verhalten fand DANGEARD (III, 132) bei *Phytophthora infestans.* Da er aber hier niemals Teilungsstadien der Kerne in den Conidien beobachtete, so ist es sehr wahrscheinlich, daß diese sämtlich aus dem Mycel einwandern. Ebenso verhält sich übrigens nach DANGEARD (III, 133) auch *Bremia gangliformis* und *Plasmopara nivea.* Schließlich enthalten nach den übereinstimmenden Angaben von DANGEARD (III, 125), ROSEN (II, 32) und WAGER (VI) auch die Conidien von *Cystopus candidus* mehrere Kerne (4—7), die aus der Basidie in diese übertreten und später weder eine Vermehrung erfahren, noch auch miteinander verschmelzen.

Die jungen Oogonien und Antheridien von *Peronospora parasitica* enthalten nach den Angaben von WAGER (II) zahlreiche Kerne. In den Oogonien liegen dieselben zunächst außerhalb der Oosphäre und erfahren dort zahlreiche indirekte Teilungen, durch die sie immer mehr an Volum verlieren. Von den so entstandenen zahlreichen kleinen Kernen sollen dann zwei (oder drei?) in das Centrum der Oosphäre übertreten und hier später zu einem Kern verschmelzen, während die übrigen auch nach der Membranbildung der Oosphären in dem außerhalb derselben befindlichen Periplasma verbleiben und hier nach weiteren Teilungen an der Bildung des Exosporiums teilnehmen. Auch in den Antheridien beobachtete WAGER noch Teilungen der Kerne. Innerhalb des antheridialen Schlauches finden sich nach seinen Beobachtungen ein oder mehrere Kerne. Von diesen tritt aber wahrscheinlich nur einer in die Oosphäre über und verschmilzt dort mit dem vegetativen Kerne, während andere Antheridialkerne vielleicht

ins Periplasma übertreten. Die reifen Oosporen enthalten nach WAGER nur einen Kern.

Zu ähnlichen Resultaten gelangte ferner auch DANGEARD (III, 134) durch Untersuchungen an *Plasmopara densa.* Nur waren hier die Kerne bedeutend kleiner, und es gelang nicht, das Verhalten derselben während und nach dem Sexualakte mit Sicherheit festzustellen.

Bei *Cystopus candidus* ist nach den Angaben von CHMIELEWSKY (I) in den Oogonien und Antheridien stets nur ein Kern enthalten. Durch Verschmelzung der beiden Sexualkerne soll dann der große Kern der Oosporen entstehen. Von DANGEARD (III) wurde nun aber nachgewiesen, daß die Beobachtungen CHMIELEWSKY's auf einer Verwechslung mit Oelkugeln beruhen und daß die vermeintlichen Kerne dieses Autors in Chloroform zum größten Teil aufgelöst werden. Nach den Untersuchungen von DANGEARD (III) sollen die Oosphären und Antheridien stets mehrkernig sein. Ebenso wurde auch neuerdings von ISTVANFFI (II) angegeben, daß die Oogonien und Antheridien von *Cystopus portulaccae* stets mehrkernig seien.

Eingehender wurde nun aber in neuerer Zeit das Verhalten der Kerne in den Antheridien und Oogonien von *Cystopus candidus* von WAGER (VI) untersucht. Nach diesem sind in den Oogonien bis zu 115, in den Antheridien 6—12 Kerne enthalten. Vor der Befruchtung wandern die Kerne des Oogoniums bis auf einen an die Peripherie desselben und werden hier im Periplasma allmählich aufgelöst. Mit demjenigen, der im Centrum des Oogons zurückbleibt, verschmilzt dagegen ein aus dem Antheridium übertretender Kern. Der durch diese Verschmelzung entstandene Kern teilt sich dann 5mal, so daß die reifen Oosporen 32 Kerne enthalten.

Bei *Pythium proliferum* hatte FISCH (I) in den jungen Oogonien zahlreiche Kerne beobachtet, die vor der Befruchtung zu einem Kern verschmelzen sollen, der sich dann mit dem aus den Antheridien stammenden Kerne vereinigen soll. DANGEARD (III, 124) hält es jedoch für wahrscheinlich, daß diese Beobachtungen auf einer Verwechslung mit den in den Oosporen auftretenden, ölartigen Tropfen beruhen. Er fand in den jungen Oosphären zahlreiche Kerne, die jedoch zur Zeit der Oosphären-Bildung undeutlich werden sollen.

4) Ancylisteen. Von den *Ancylisteen* wurde zunächst *Ancylistes closterii* von DANGEARD (III, 93) untersucht. Er fand hier in den jungen Fäden die Kerne regelmäßig in einer Reihe angeordnet; in den älteren waren sie dagegen unregelmäßig zerstreut. Die bei der Segmentierung entstehenden Zellen enthalten eine variable Zahl von Kernen. Auch in den Oosporen wurden in jedem Entwickelungsstadium zahlreiche Kerne beobachtet. Das Verhalten der Antheridien konnte nicht festgestellt werden. Bilder, die auf indirekte Kernteilung schließen ließen, wurden nicht beobachtet.

Auch in den vegetativen Fäden der auf *Lyngbia aestuarii* schmarotzenden *Resticularia* beobachtete DANGEARD (III, 98) zahlreiche Kerne.

5) Saprolegniaceae. Durch SCHMITZ (II, 375 u. II, 193), STRASBURGER (VI, 219) und BÜSGEN (I) wurde nachgewiesen, daß die vegetativen Fäden von *Saprolegnia*, *Leptomitus* und anderen *Saprolegniaceen* zahlreiche Zellkerne enthalten, die zum Teil auch ein leicht sichtbares Kernkörperchen einschließen. In den substanzarmen Fäden

von *Leptomitus lacteus* sollen dieselben nach HARTOG (I) schon im lebenden Material sichtbar sein. Nach ISTVANFFI (II) sollen bei *Saprolegnia* nicht selten zweierlei Arten von Kernen, die namentlich durch ungleiche Größe voneinander abweichen, unmittelbar nebeneinander innerhalb desselben Schlauches vorkommen.

Von TROW (I) wird ferner angegeben, daß die Kerne der *Saprolegniaceen* ein centrales Chromosom von schwammiger Struktur enthalten und sich innerhalb des Mycels lediglich durch direkte Teilung vermehren. Es dürfte aber wohl kaum zweifelhaft sein, daß der von TROW als Chromosom gedeutete Körper in Wirklichkeit als Nukleolus zu bezeichnen ist. Außerdem konnte HARTOG (I, 688) in den in Teilung begriffenen Kernen eine fibrilläre Struktur nachweisen und ferner im Gegensatz zu TROW in den Kernteilungsfiguren der *Saprolegnien* 4 Chromosomen nachweisen.

In die Sporangien der *Saprolegniaceen* sah TROW (I) so viele Kerne eintreten, als Zoosporen gebildet werden. Diese enthalten einen Kern.

Die jungen Oogonien und Antheridien der *Saprolegnieen* enthalten nach den übereinstimmenden Angaben aller derjenigen Autoren, die dieselben in neuester Zeit untersucht haben, eine große Anzahl von Kernen, während von den meisten Autoren angenommen wird, daß die geschlechtsreifen Oogonien und Oosporen nur einen Kern enthalten. So fand zunächst SCHMITZ (II, 358) in den reifen Oosporen von *Aphanomyces laevis* nur einen Kern und hält es für wahrscheinlich, daß derselbe durch Verschmelzung der zahlreichen Kerne des Oogons entstanden sein soll. Nach STRASBURGER (VI, 61) soll diese Verschmelzung bei *Saprolegnia ferax* erst nach erfolgter Befruchtung eintreten, nach HARTOG (I) aber bereits vor der vollständigen Geschlechtsreife. Schließlich beobachtete HUMPHREY (I, 92) auch bei *Achlya americana* in den Oogonien sehr zahlreiche Kerne, in den jungen Oosporen aber nur einen oder zwei, er nimmt ebenfalls eine Kernverschmelzung an.

Zu abweichenden Resultaten ist dagegen zunächst DANGEARD (III, 101) gelangt. Nach diesen sollen die Oogonien stets mehrkernig sein. Da er aber in den geschlechtsreifen Oogonien die Kerne überhaupt nicht nachweisen konnte, ist auf diese Beobachtungen kein allzu großes Gewicht zu legen.

Mehr Beachtung verdienen dagegen die in neuerer Zeit von TROW (I) gemachten Beobachtungen. Nach diesen soll in den Oogonien niemals eine Kernverschmelzung stattfinden, die in denselben enthaltenen, zahlreichen, überzähligen Kerne sollen vielmehr durch Degeneration verschwinden. Dasselbe soll auch in den Antheridien und Befruchtungsschläuchen stattfinden.

TROW (I) gab ferner an, daß in den Oogonien und Antheridien jeder Zellkern eine karyokinetische Reduktionsteilung erfahren soll, durch die das in Einzahl vorhandene Chromosom in ein Halbchromosom verwandelt werden soll. Diese Angaben dürften jedoch nach den Beobachtungen von HARTOG (II), der, wie bereits erwähnt wurde, in den Kernen der *Saprolegnieen* 4 Chromosomen nachweisen konnte, auf unzureichenden Beobachtungen beruhen.

Verschiedene Ansichten herrschen schließlich auch jetzt noch darüber, ob die *Saprolegnieen* allgemein als apogam zu betrachten sind, oder ob bei ihnen auch ein echter Sexualakt vorkommt, und wie weit derselbe verbreitet ist. In neuerer Zeit ist namentlich TROW (I) für das Vorkommen eines Sexualaktes eingetreten, und zwar soll der-

selbe bei *Saprolegnia dioica* stets und bei *S. mixta* und *Achlya americana* und einer anderen *Achlya* spec. wenigstens gelegentlich stattfinden. Die Geschlechtskerne sollen aber stets erst in einem sehr späten Stadium der Sporenreife miteinander zu dem einzigen Zygotenkerne verschmelzen. Im Gegensatz hierzu ist namentlich HARTOG (II), dessen ausführliche Abhandlung in den Transactions of the R. Irish Academy (1895) mir bisher leider nicht zugänglich war, für eine gänzliche Apogamie der Saprolegnieen eingetreten.

In den vegetativen Fäden einer als *Astreptonema longispora* bezeichneten *Saprolegniacee* beobachtete HAUPTFLEISCH (II) zahlreiche Kerne mit deutlichem Nukleolus. Dieselben waren namentlich in der plasmareichen Spitze in lebhafter Teilung begriffen. In die als apogame Oogonien gedeuteten Fortpflanzungsorgane, die in Reihen abgeschnürt werden, tritt stets ein Kern ein. Dieser teilt sich aber wiederholt, so daß die reifen Oosporen 4—6 Kerne enthalten. Die Sporen mit 4, 5 und 6 Kernen liegen regellos durcheinander.

h) Zygomyceten.

1) Mucoraceen. Im vegetativen Thallus von *Mucor racemosus* beobachtete SCHMITZ (II, 360) sehr zahlreiche, kleine Kerne. Mehrere Kerne fand er auch meistens in den Gemmen und hefenartigen Zellen. Nach den Untersuchungen von DANGEARD & LÉGER (I) besitzen diese Kerne einen großen Nukleolus und eine deutliche Kernmembran, aber wenig oder gar kein Chromatin.

In den jungen Sporangien von *Pilobolus oedipus* beobachtete VUILLEMIN (I, 47) zahlreiche, 2,5 μ große Kerne. In den Sporen fand er häufig 2, zuweilen auch 3 oder 4 Kerne. Ebenso beobachtete ISTVANFFI (II) zahlreiche Kerne in den Sporangienanlagen von *Mortierella candelabrum*.

Die Conidien von *Mucor racemosus* enthalten nach SCHMITZ (II) fast ausnahmslos nur einen Kern (sehr selten 2). ISTVANFFI (II) fand dieselben stets einkernig. Schon vor der Keimung sah er aber in denselben wiederholte Kernteilungen eintreten, so daß beim Erscheinen des Keimschlauches schon 8—10 Kerne vorhanden waren. Wurden in den stets vielkernigen Sporangien von *Mucor* nur wenige Sporen gebildet, so sah ISTVANFFI (II) die überschüssigen Kerne in Schleim verwandelt werden. Nach DANGEARD & LÉGER (I, 6) bleiben allgemein bei *Mucor*, *Sporodinia* und *Pilobolus* in der Columella und dem Stiel der Sporangien Kerne zurück; dieselben verschwinden dann aber allmählich.

Die Bildung der Zygosporen wurde zuerst von DANGEARD & LÉGER (I) und später von LÉGER (I) bei *Sporodinia grandis* eingehend untersucht. Nach den Angaben dieser Autoren enthalten nun zunächst die jungen Zygosporen sehr zahlreiche Kerne, die auch nach der Verschmelzung der beiden konjugierenden Zellen noch erhalten waren (Fig. 70, *A*). In einem späteren Stadium zeigten dieselben dann häufig ganz bedeutende Größenunterschiede (Fig. 70, *B*), die die genannten Autoren zu der Annahme veranlassen, daß ein Teil dieser Kerne allmählich aufgelöst wird. In den reifen Zygosporen beobachteten sie aber 1 oder 2 stark tinktionsfähige Kugeln, von denen sie es in der ersten Publikation unentschieden lassen, ob sie als Kerne aufzufassen sind.

Von Léger (I), der diese Körper als Embryokugeln bezeichnet, wurde nun aber auch die Entwickelung derselben weiter verfolgt. Sie entstehen danach, nachdem die Kerne der Zygosporen bereits gänzlich verschwunden sind, an beiden Enden derselben aus einer Anzahl kugeliger, stark tinktionsfähiger Körper, die vielleicht aus den Kernen hervorgehen und zu 15—30 in dem Raum einer Hohlkugel zusammenliegen (vergl. Fig. 70, *C*). Später findet eine Verschmelzung dieser einzelnen Kugeln statt (Fig. 70, *D*), und es bildet sich dann aus jedem Komplexe eine homogene, von einer zunächst einfachen, später doppelten Membran umgebene Embryokugel (Fig. 70, *E* u. *F*), die nun bis zur

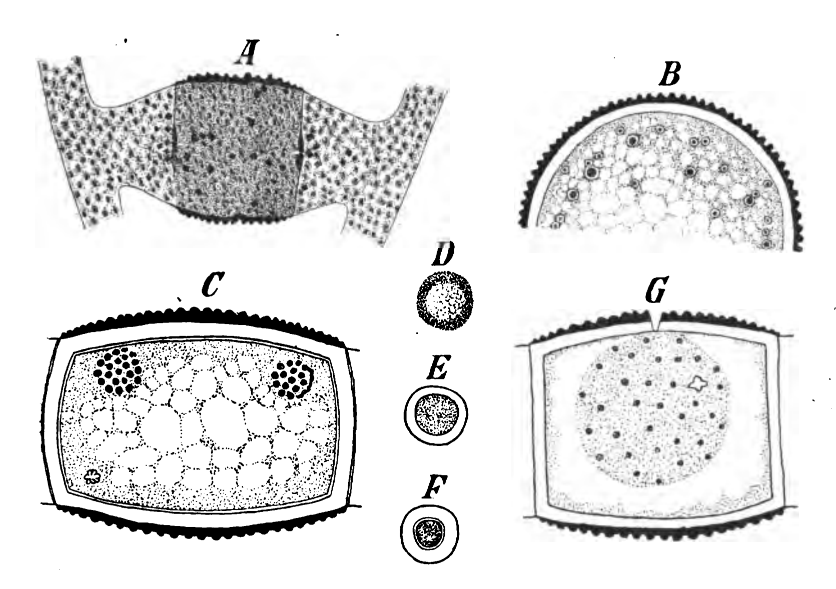


Fig. 70. *Sporodinia grandis*. Längsschnitt durch eine junge Zygospore. *A* Mit zahlreichen Kernen und Krystalloiden. *B* Querschnitt durch eine ältere Zygospore. *C* Längsschnitt durch eine Zygospore zur Zeit der Bildung der Embryokugeln. *D—F* Spätere Entwickelungsstadien der Embryokugel. *G* Zygospore nach Verschmelzung der Embryokugeln, kurz vor der Keimung Nach Léger (I). Vergr. von *A* und *D—G* 850; *B* 1000; *C* 700.

Keimung unverändert bleibt. Bei der Keimung findet dann eine Auflösung der Membran der beiden in jeder Zygospore enthaltenen Embryokugeln und darauf eine bedeutende Ausdehnung derselben statt. Auf diese folgt dann eine Verschmelzung der beiden Embryokugeln, und es werden ferner in der bisher homogenen Masse derselben wieder Zellkerne sichtbar (Fig. 70, *G*). Der Keimschlauch soll sich dann stets an einer Stelle bilden, in der die Embryokugel der Membran anliegt, und es soll dann allmählich die gesamte Masse der Embryokugel in den Keimschlauch hineinwandern.

Bezüglich der Azygosporen erwähne ich noch, daß diese sich in der gleichen Weise verhalten wie die Zygosporen; nur soll bei denselben von Anfang an nur eine Embryokapsel vorhanden sein.

Im Gegensatz zu den obigen Angaben hält Istvanffi (II) auch neuerdings daran fest, daß die Zygosporen von *Sporodinia grandis* stets zahlreiche Kerne enthalten.

2. Chaetocladiaceae. In den Conidien von *Chaetocladium Jonesii* beobachtete SCHMITZ (II, 361) stets mehrere (4—7) Kerne.

i) Myxomyceten.

Die Schwärmer der *Myxomyceten* besitzen nach den übereinstimmenden Angaben von STRASBURGER (I, 311) und ROSEN (II, 25) einen bläschenförmigen Kern mit großem Nukleolus. Ebenso giebt auch BÜTSCHLI (I, 214) an, daß er in den Plasmodien von *Fuligo varians* Kerne mit einem centralen Nukleolus und einem aus radiären einfachen Bälkchen bestehenden Kerngerüst beobachtet hat. Die abweichenden Angaben von ZOPF (I, 8) beruhen dagegen wohl sicher auf einer Verwechselung von Kern und Kernkörperchen.

Die Plasmodien enthalten, wie schon von SCHMITZ (III, 195) nachgewiesen wurde, stets zahlreiche Kerne. DANGEARD (III, 72) beobachtete ferner speciell bei den Plasmodien von *Spumaria alba*, daß mit der Entfernung vom Vorderende derselben eine Abnahme des Chromatins und der Nukleolarmasse der Kerne stattfindet.

In den zur Sporenbildung sich anschickenden Fruchtkörpern hatten STRASBURGER (I) und DANGEARD (III, 74) bereits eine derartige Zunahme der chromatischen Substanz beobachtet, daß der Nachweis eines Nukleolus nicht mehr gelang. ROSEN (II) fand dann mit Hilfe der Säurefuchsin-Methylenblau-Färbung, daß in den jungen Fruchtkörpern verschiedener *Myxomyceten* stets zwei verschiedene Arten von Kernen vorhanden sind: nämlich zunächst bläschenförmige, die wenige, sich rot färbende Granulationen und einen größeren, blau gefärbten Körper enthalten, der, da er in mehreren Beziehungen von den echten Nukleolen abweicht, als Mittelkörperchen bezeichnet wird. Die Kerne der zweiten Art sind dagegen fast vollständig von tiefblau gefärbten Körnchen oder Stäbchen erfüllt. Mit der Reife der Fruchtkörper nimmt die Zahl der letzteren Kerne immer mehr zu. ROSEN beobachtete jedoch, daß dieselben während der Membranbildung bedeutend substanzärmer wurden, und daß speciell während der Bildung der Capillitiumfasern im Cytoplasma kleine Körnchen auftraten, die vielleicht auf Kosten der aus den Kernen stammenden Stoffe entstanden waren. Erwähnt sei ferner noch bezüglich der Vorgänge bei der Fruchtkörperbildung, daß nach der von ROSEN (II, 21) bestätigten Beobachtung DANGEARD's (III) einzelne Kerne bei der Sporenbildung ausgeschlossen bleiben und verquellen.

Besondere Beachtung verdient an dieser Stelle noch eine neuere Untersuchung von DANGEARD (XII), nach der in den Kernen der Amöben häufig ein als *Nucleophaga amoeba* bezeichneter Parasit enthalten ist, der in denselben zunächst eine oder mehrere hellere Stellen bildet, allmählich aber den ganzen Kern ausfüllt. Schließlich zerfällt er dann aber in eine große Anzahl von rundlichen Körpern, die von einer dünnen Membran umgeben sind und einen winzigen Kern enthalten. Dieselben werden von DANGEARD als Sporen gedeutet. Sollte dieser Parasit nun wirklich eine so große Verbreitung besitzen, wie der genannte Autor annimmt, so könnte derselbe in der That zu einer unrichtigen Beschreibung der Kernstruktur der Amöben Veranlassung geben.

Die Kernteilung der Myxomyceten wurde zuerst von STRASBURGER (I, 311), und zwar in den jungen Fruchtkörpern von

Trichia fallax, untersucht. Dieser Autor beobachtete, daß sich eine geringe Anzahl von eiförmigen Chromosomen in der Aequatorialebene ansammelte, daß diese dann auseinanderwichen und sich zu den anfangs abgeplatteten, später kugeligen, fein granulierten Tochterkernen vereinigten. Auch achromatische Spindelfäden und ein Verschwinden der Kernmembran während der Karyokinese wurden nachgewiesen; dahingegen blieb das Vorhandensein eines Knäuelstadiums zweifelhaft. Neuerdings schätzte STRASBURGER (XII, 830) die Zahl der bei diesen Kernteilungen auftretenden Chromosomen auf 12.

ROSEN (II, 27) beobachtete bei *Fuligo varians* die Bildung einer äquatorialen Körnchenschicht und das Auseinanderweichen derselben. Das Vorhandensein einer achromatischen Figur konnte dagegen von diesem Autor nicht mit Sicherheit konstatiert werden.

F. Algen.

a) Florideen.

Die vegetativen Zellen der *Florideen* zeigen nach den Untersuchungen von SCHMITZ (I, 122) eine große Mannigfaltigkeit bezüglich ihrer Kerne. Bei einer Reihe von Arten sind alle Zellen nur mit einem Kerne versehen, und zwar gehören hierher vorwiegend die kleinzelligen. Bei anderen Arten sind dagegen größere, mehrkernige und kleinere, einkernige Zellen vorhanden. Bei den einen sind ferner die jüngsten Zellen wachsender Sproßgipfel stets einkernig, bei anderen enthalten sie eine große Anzahl von Kernen. Bemerkenswert ist noch, daß sich in dieser Beziehung nicht nur nahe verwandte Gattungen, sondern auch Arten ein und derselben Gattung sehr verschieden verhalten. So zeigen z. B. die verschiedenen *Callithamnion*-Arten eine große Mannigfaltigkeit hinsichtlich ihrer Kerne.

In den Tetrasporangien fand SCHMITZ dagegen stets nur einen Kern, der durch wiederholte Teilung die vier Tetrasporenkerne lieferte. Ebenso sollen auch die männlichen und weiblichen Sexualzellen stets nur einen Kern enthalten, der sich aber den vegetativen Kernen gegenüber durch Größe und Dichte auszeichnet.

Die Spermatien der *Florideen* enthalten nach den übereinstimmenden Angaben von GUIGNARD (I, 178) und SCHMITZ (VII) stets nur einen Kern. Einen relativ großen Kern beobachtete SCHMITZ (VII) ferner auch im Carpogon. Außerdem konnte er in der Trichogyne bereits vor der Befruchtung stark tinktionsfähige Körner nachweisen, die er für aus dem Zellkern ausgetretene Chromatinkörner hält.

Nach der Befruchtung sah SCHMITZ den Kern des Spermatiums verschwinden und hält es für wahrscheinlich, daß derselbe mit dem Carpogonkern verschmilzt. Eine direkte Beobachtung der betreffenden Stadien gelang ihm aber nicht. Dahingegen konnte SCHMITZ (VII) die weitere sehr bemerkenswerte Beobachtung machen, daß bei manchen *Florideen* (so u. a. bei *Gloeosiphonia*) nach der normalen Befruchtung eine abermalige Zell- und Kernverschmelzung stattfindet, und zwar geschieht dieselbe zwischen der Ooblastemzelle und der Auxiliarzelle. Die durch diesen von SCHMITZ ebenfalls als Sexualakt aufgefaßten Prozeß entstehende Zelle stimmt in der That mit den typischen Sexualzellen auch insofern überein, als in ihr nach der Vereinigung ein sehr lebhaftes und eigenartiges Wachstum stattfindet.

In neuerer Zeit wurde nun das Verhalten der Kerne bei dem typischen Sexualakt von Wille und Davis untersucht. Nach den Untersuchungen von Wille (III), die mit *Nemalion multifidum* angestellt wurden, tritt der im Spermatium enthaltene Kern nach der Verschmelzung desselben mit der Trichogyne in diese über (Fig. 71, *A*) und wandert dann nach dem Carpogon hin, wobei er sich allerdings, wie aus Fig. 71, *B* ersichtlich ist, durch einen sehr engen Kanal hindurchdrängen muß. Im Carpogon soll dann schließlich die Verschmelzung der beiden Sexualkerne stattfinden (Fig. 71, *C* und *D*).

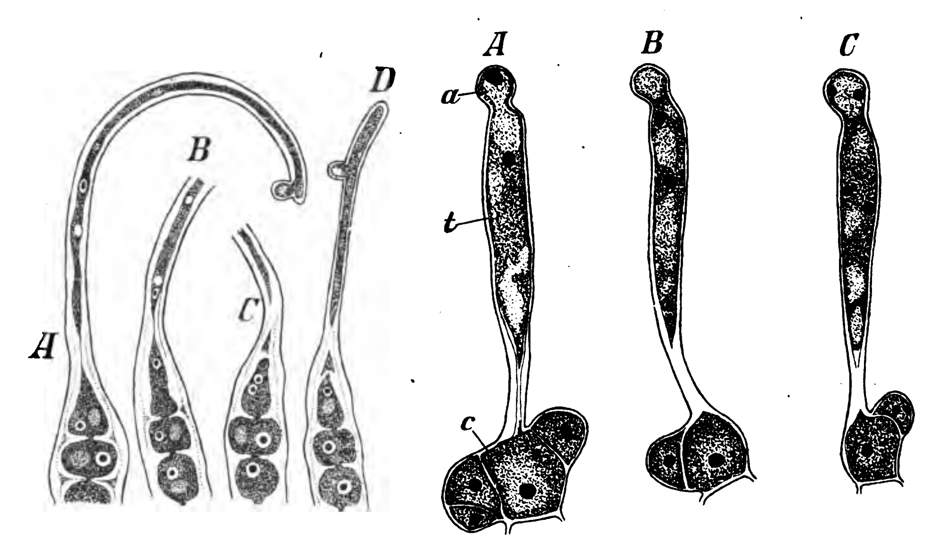


Fig. 71. Fig. 72.

Fig. 71. *Nemalion multifidum.* Verschiedene Stadien der Befruchtung. Vergr. 600. Nach Wille (III).

Fig. 72. *Batrachospermum coerulescens.* Carpogon (*c*) und Trichogyne (*t*) nach der Verschmelzung mit dem Spermatium (*a*). In *A* stehen Carpogon und Trichogyne noch im Zusammenhang; in *C* haben sich die Kerne der Trichogyne und des Spermatiums geteilt. Vergr. 1000. Nach Davis (I).

Zu sehr abweichenden Resultaten gelangte dagegen Davis (I) durch Untersuchung verschiedener *Batrachospermum* spec. Nach diesen ist zunächst die Trichogyne als eine selbständige, kernhaltige Zelle aufzufassen, die allerdings mit dem Carpogon durch einen Plasmastrang verbunden ist (Fig. 72, *A*). Bald nach der Verschmelzung von Spermatium und Trichogyne wird aber dieser Kanal vollständig verschlossen, und zwar geschieht dies zu einer Zeit, in der der Kern des Spermatiums sich entweder noch in diesem oder an der Spitze der Trichogyne befindet (Fig. 72, *B*). Der Kern des Spermatiums bleibt denn auch häufig ganz in diesem zurück und kann sich hier häufig ebenso wie auch der Kern der Trichogyne durch Fragmentation in mehrere Kerne teilen (Fig. 72, *C*). Schließlich werden aber alle diese Kerne aufgelöst, ohne daß jemals eine Vereinigung von einem derselben mit dem Carpogonkerne stattgefunden hätte.

Daß nun aber in diesem Falle trotz des gänzlichen Mangels einer Kernverschmelzung ein Sexualakt vorliegt, geht

u. a. daraus hervor, daß eine Weiterentwickelung des Carpogon, wie DAVIS durch Isolierungsversuche nachgewiesen hat, unterbleibt, wenn dasselbe nicht durch ein Spermatium befruchtet ist. Da es nun aber ferner der Vergleich mit den anderen Tieren und Pflanzen unwahrscheinlich macht, daß die Verschmelzung des Cytoplasmas der beiden Sexualzellen zur Befruchtung ausreichend wäre, so ist wohl anzunehmen, daß es sich in diesem Falle um eine Reduktionserscheinung handelt, die mit der Apogamie der *Saprolegnieen* zusammenzustellen wäre.

Bangiaceen. Bezüglich der teils zu den *Florideen,* teils auch in die Nähe der *Ulvaceen* zu den *Chlorophyceen* gestellten *Bangiaceen* erwähne ich an dieser Stelle, daß schon von SCHMITZ (I, 128) nachgewiesen wurde, daß dieselben stets einkernig sind. BERTHOLD (I, 79) beobachtete speciell auch in den vegetativen Zellen, Sporen und Spermatien von *Porphyra* je einen Kern. Neuerdings konnte schließlich JOFFÉ (I) den Uebertritt des Spermatiumkernes in die Eizelle nachweisen.

b) Phaeophyceen.

Die vegetativen Zellen der *Fucoideen* sind nach den Untersuchungen von SCHMITZ (I, 128) stets einkernig. Nur in den Konzeptakelhaaren von *Cystosira barbata* beobachtete er gelegentlich mehrkernige Zellen.

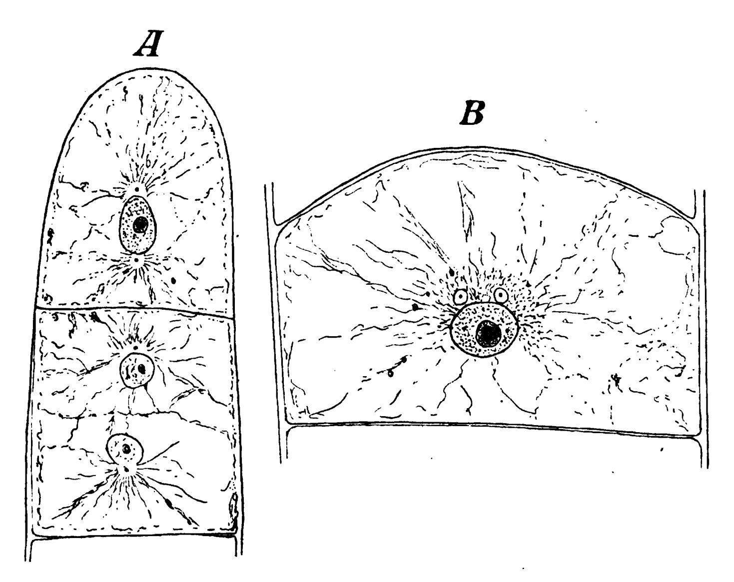


Fig. 73. Zellen von *Sphacelaria scoparia,* die Centrosomen und Polstrahlungen zeigend. Vergr. 432. Nach STRASBURGER (V).

Die Kernteilung verläuft nach den von GUIGNARD (I, 139) an den jungen Antheridien gemachten Beobachtungen nach dem gewöhnlichen Schema karyokinetischer Teilung. Es wurden sehr zahlreiche, sehr kleine Chromosomen und ebenso zahlreiche Spindelfasern beobachtet. Von STRASBURGER (V, 52) wurden ferner bei *Sphacelaria*

Centralkörper in den Polen der Kernteilungsfiguren nachgewiesen (Fig. 73, *A*). Dieselben teilen sich hier aber erst nach Vollendung der Karyokinese. Wie jedoch Fig. 73, *B* erkennen läßt und auch von HUMPHREY (II, 116) bestätigt wurde, finden sich bei *Sphacelaria* sicher auch neben völlig ruhenden Kernen bereits 2 Centrosomen.

Bei der Bildung der Sporangien von *Pleurocladia lacustris*, die ebenfalls in jeder vegetativen Zelle nur einen Kern enthält, sah KLEBAHN (IV) eine der Anzahl der zu bildenden Sporen entsprechende Kernvermehrung eintreten.

Der Entstehung der Spermatozoën geht nach den übereinstimmenden Angaben von BEHRENS (II) und GUIGNARD (I, 140) eine wiederholte karyokinetische Zweiteilung des in den jungen Antheridien enthaltenen Kernes voraus, durch die schließlich 64 Kerne entstehen. Nukleolen sind in diesen Kernen nach GUIGNARD nicht mehr nachweisbar. Die ausgebildeten Spermatozoën der *Phaeophyceen* stimmen nun übrigens in ihrer Struktur mehr mit den männlichen Schwärmern der niederen Algen, als mit den typischen Spermatozoën der *Pteridophyten*, *Muscineen* und *Characeen* überein. Sie enthalten nämlich unzweifelhaft eine beträchtliche Menge von Cytoplasma und auch ein Chromatophor.

Die Entwickelung der Eizelle wurde von BEHRENS (II) bei *Fucus* näher verfolgt, und es wurde von diesem Autor gezeigt, daß in den Oogonien, den acht zu bildenden Eizellen entsprechend, durch mitotische Kernteilung acht Kerne entstehen, die einen großen Nukleolus besitzen und nur an der Peripherie eine gewisse Anhäufung von Chromatin erkennen lassen. Die Ausstoßung von irgend welchen als Richtungskörper zu deutenden Gebilden, wie sie DODEL-PORT (I und II) für *Cystosira* angegeben hatte, konnte BEHRENS bei *Fucus* nicht beobachten.

Die Angaben von BEHRENS wurden dann von OLTMANNS (I, 84) im wesentlichen bestätigt. Dieser Autor beobachtete aber außerdem die bemerkenswerte Erscheinung, daß auch diejenigen Gattungen, die in ihren Oogonien weniger als acht Eier bildeten, stets in den jungen Oogonien acht Kerne enthielten. Von diesen tritt dann aber doch nur einer in jede Eizelle über, und es werden die anderen bei der Teilung des Oogons ausgestoßen. So werden z. B. bei *Ascophyllum nodosum*, die vier Eier in jedem Oogon bildet, vier Kerne ausgeschieden, bei den eineiigen Oogonien von *Himanthalia lorea* sogar sieben. Ob nun gleichzeitig auch Cytoplasma mit nach außen abgeschieden wird, konnte der genannte Autor durch direkte Beobachtung nicht mit Sicherheit entscheiden; auf alle Fälle scheint aber seine Auffassung dieser Körper als reduzierter Zellen, resp. Eier, völlig berechtigt, während dieselben wohl mit den Richtungskörpern tierischer Zellen sicher nichts zu thun haben.

Bezüglich des Sexualaktes wurde von BEHRENS (II) angegeben, daß in Eizellen, die mit Spermatozoën zusammengebracht waren, nach 5—10 Minuten häufig 2 Kerne zu beobachten waren; BEHRENS nimmt nun an, daß es sich hier um den männlichen und weiblichen Kern handelt. Von OLTMANNS wurde jedoch die Beweiskraft dieser Beobachtung dadurch in Frage gestellt, daß nach seinen Untersuchungen die Kerne der Eizellen, schon während sie noch im Oogon eingeschlossen sind, eigenartige Gestaltsveränderungen zeigen, die zuweilen zu einer völligen Durchschnürung des Kernes führen.

c) Characeen.

Die vegetativen Kerne der *Characeen* sind durch bedeutende Größe ausgezeichnet und zeigen in den ausgewachsenen Zellen eine sehr verschiedenartige Gestalt (cf. Fig. 74). Wie zuerst von SCHMITZ (II, 367) nachgewiesen wurde, findet in den größeren Zellen, namentlich den Internodialzellen, häufig eine Vermehrung der Kerne durch direkte Teilung statt. So findet man denn auch in den großen Internodialzellen häufig eine große Anzahl verschiedenartig gelappter Kerne nebeneinander liegen.



Fig. 74. Fig. 75.

Fig. 74. *Chara foetida.* Teil einer älteren Blattzelle. Vergr. 91.

Fig. 75. *Chara* sp. Kerne nach der Fixierung mit Sublimatessigsäure und Färbung mit Fuchsin + Jodgrün. *A* aus dem Scheitelmeristem, *B* und *C* aus jungen, *D* und *E* aus älteren Blattzellen. Vergr. 500.

Die Struktur dieser Kerne wurde zuerst von JOHOW (I) und OVERTON (I, 10) eingehender untersucht. Dieselben sollen demnach vollständig frei von Nukleolen sein, aber eine große Anzahl von Chromatinkörpern enthalten, die, wie Fig. 75, *D* und *E* erkennen läßt, eine sehr verschiedenartige Gestalt besitzen können und oft zu langen zackigen Fäden ausgezogen sind. Diese Körper sind nun aber nach den teils mikrochemischen, teils am lebenden Material ausgeführten Untersuchungen von ZACHARIAS (I, 290), die von SCHOTTLÄNDER (I, 25) durch Doppelfärbungen bestätigt wurden, als eigentümlich umgestaltete Nukleolen aufzufassen. ZACHARIAS konnte namentlich bei den Rhizoiden direkt beobachten, wie die normalen Nukleolen in einigen Tagen in zusammenhangslose Körper von unregelmäßiger Gestalt zerfielen. Auf Grund von eigenen Untersuchungen, die an Material, das mit Sublimat-Essigsäure fixiert und mit Fuchsin-Jodgrün tingiert war, angestellt wurden, kann ich diese Angaben nur bestätigen. Es läßt sich in der That, wie Fig. 75 zeigt, ein ganz allmählicher Uebergang von den normalen, runden Nukleolen der jugendlichen Zellen zu den wie diese durch starke Erythrophilie ausgezeichneten Inhaltskörpern der älteren Kerne beobachten. Bemerkenswert ist, daß die übrige Masse der älteren Kerne sich bei obiger Methode meist nur sehr schwach und zwar hellgrün oder hellviolett tingiert. Bei starker Vergrößerung beobachtete ich in derselben eine feinkörnige Struktur.

Im Gegensatz zu den älteren Zellen findet nun aber die Kernteilung in den jugendlichen Organen, solange mit der Kernteilung noch Zellteilungen Hand in Hand gehen, nach den übereinstimmenden Untersuchungen von STRASBURGER (VI, 194), ZACHARIAS (I, 291), SCHOTTLÄNDER (I), BELAJEFF (III) und KAISER (I) stets nach dem Schema der typischen Karyokinese statt. Von SCHOTTLÄNDER und KAISER wird auch das Vorkommen von Centrosomen angegeben. Nach eigenen, unter Anwendung der oben beschriebenen Methode ausgeführten Untersuchungen lassen sich während der Karyokinese Zerfallsprodukte der Nukleolen beobachten, und zwar fanden sich dieselben namentlich zwischen den Spindelfasern, besonders an der Stelle, wo später die Membranbildung stattfindet, vereinzelt aber auch ganz außerhalb der Teilungsfiguren im Cytoplasma.

Die Entstehung der Spermatozoën der *Characeen* wurde in neuerer Zeit mehrfach untersucht. Nach SCHOTTLÄNDER (I, 27) besitzen die Mutterzellen derselben ein cyanophiles Kerngerüst und kleine, erythrophile Nukleolen, die später ganz verschwinden. Nach GUIGNARD (I) soll sich der Körper des Spermatazoons ausschließlich aus dem Kerne bilden und die Substanz desselben mit Ausnahme des Hinterendes vollständig homogen sein. Nach BELAJEFF's (III) Untersuchungen, die neuerdings STRASBURGER (V, 107) bestätigt gefunden hat, nimmt jedoch auch das Cytoplasma an der Bildung der Spermatozoën teil, und zwar soll dasselbe das Vorder- und Hinterende des betreffenden Körpers einnehmen und auch den etwa 2 Spiralwindungen beschreibenden Kern einhüllen. Namentlich mit einem Gemisch von Fuchsin und Jodgrün gelang BELAJEFF eine differente Färbung der verschiedenen Bestandteile des Spermatozoons. Außerdem hat er aber auch verschiedene mikrochemische Reaktionen, die zu Gunsten seiner Auffassung sprechen, angeführt.

Erwähnen will ich noch, daß die ausgebildeten Spermatozoën nach SCHOTTLÄNDER (I, 27) aus einer weniger tinktionsfähigen Grundsubstanz und einer stärker tinktionsfähigen spiraligen Hülle bestehen sollen. Nach Untersuchungen von FRANZÉ (I) soll es ferner an den ausgebildeten Spermatozoën nach der Fixierung mit Osmiumsäure oder Jodlösung auch ohne Färbung deutlich zu erkennen sein, daß sie sich aus einem centralen „Achsenfaden" und spiralig um denselben herumgeschlungenen Bändern zusammensetzen, die schließlich noch von einer äußerst feinen Hülle umgeben sind.

Bei Untersuchung unreifer Eizellen fand OVERTON (I), daß dieselben einen Kern mit großem Nukleolus besitzen. SCHOTTLÄNDER (I, 28) hat den Kern der Eizelle dann auch bis zum Reifestadium verfolgt und nachgewiesen, daß derselbe ausschließlich aus erythrophiler Substanz besteht. Er fand in demselben ferner einen großen Nukleolus, der eine große Anzahl von Vakuolen enthielt.

d) Chlorophyceen.

I. Siphoneen.

1) Botrydiaceae. Während *Botrydium*, wie schon von SCHMITZ (I, 131) nachgewiesen wurde, durch den Besitz zahlreicher Kerne in jeder Zelle ausgezeichnet ist, fand BORZÌ (I) bei der von ihm entdeckten *Botrydiopsis arhiza* nur einen großen Kern. Auf Grund dieser

Thatsache hält es denn auch WILLE (I, 125) für wahrscheinlicher, daß *Botrydiopsis* zu den *Protococcoideen* zu stellen ist.

2) Dasycladaceae. Im Plasma von *Dasycladus* wurden von BERTHOLD (II) zahlreiche Kerne nachgewiesen. Bei *Acetabularia mediterranea* wurde das Gleiche von SCHMITZ (I, 129) konstatiert.

3) Valoniaceae. Bei *Valonia utricularis* waren schon von SCHMITZ (V) zahlreiche Kerne innerhalb des Protoplasmas beobachtet. Die Zoosporen besitzen dagegen stets nur einen Kern, was nach WILLE (I, 147) allgemein für die *Valoniaceen* gilt. Die auf künstliche Weise durch Verwundung erzeugten Aplanosporen von *Valonia* und *Siphonocladus* enthalten teils einen, teils mehrere Kerne.

Ueber die Kernteilung bei *Valonia* liegen zunächst einige Angaben von SCHMITZ (III, 179) vor, nach denen dieselbe zum Teil einfach durch Einschnürung stattfindet, zum Teil aber auch unter gewissen Metamorphosen des Kerngerüsts.

Auf Grund neuerer Untersuchungen unterscheidet ferner auch FAIRCHILD (I) zwischen Kernen, die sich mitotisch teilen, und solchen, die sich amitotisch teilen. Beide Arten von Kernen, die im Ruhestadium nicht voneinander zu unterscheiden sind, liegen meist dicht nebeneinander.

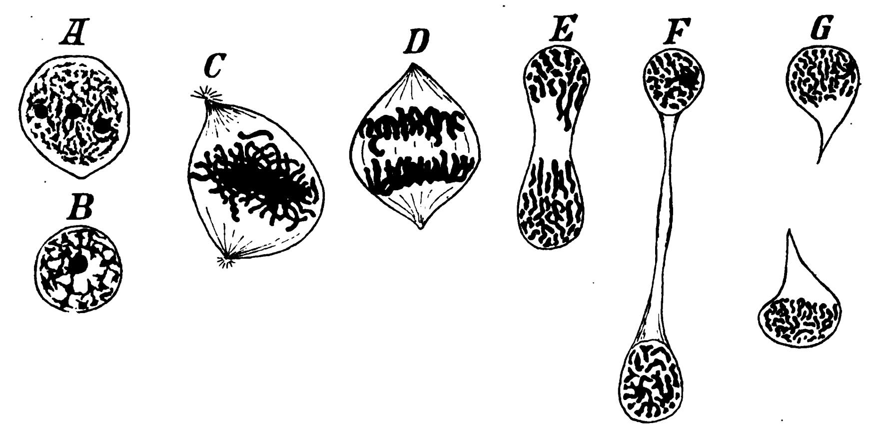


Fig. 76. *Valonia utricularis*. *A* ruhender Kern. *B*—*G* Teilungsstadien. Vergr. 1333. Nach FAIRCHILD (I).

Die amitotische Teilung beginnt nun mit einer Einschnürung der zuvor in die Länge gestreckten Kerne. Das Verbindungsstück zwischen den beiden so entstandenen Hälften wird dann häufig zu einem langen dünnen Faden ausgezogen, dessen freie Enden nach der vollständigen Durchschnürung von den beiden Tochterkernen eingezogen werden. Obwohl die Chromatinkugeln häufig eine ansehnliche Größe erreichen, war bei dieser Art der Teilung keine Spur von einer regelmäßigen Anordnung des Chromatins zu sehen, ebensowenig von einer achromatischen Spindel.

Bei der mitotischen Teilung sah FAIRCHILD zunächst einen oder mehrere, netzartig verschlungene Chromatinfäden entstehen (Fig. 76, *A*), aus denen sich dann zahlreiche Chromosomen bilden, die zu einer normalen Asterfigur (Fig. 76, *C*) zusammenwandern. Ob in

diesem Stadium eine Längsspaltung der Chromosomen stattfindet, läßt Verf. unentschieden. Jedenfalls weichen aber die Chromosomen zunächst in normaler Weise auseinander (Fig. 76, *D*); sehr bemerkenswert ist nun aber, daß während der ganzen Karyokinese die Kernmembran erhalten bleibt, dieselbe umgiebt auch die auseinanderweichenden Chromosomen (Fig. 76, *D* und *E*) und bildet zwischen den beiden Tochterkernen wie bei der amitotischen Teilung einen immer dünner werdenden Verbindungsstrang (Fig. 76, *F*), der schließlich zerreißt (Fig. 76, *G*). Daß dies an zwei Stellen geschehen sollte, wie BERTHOLD (I) für *Codium* angiebt, hält FAIRCHILD auf Grund seiner Beobachtungen nicht für wahrscheinlich. Die Nukleolen verlieren nach FAIRCHILD während der mitotischen Teilung allmählich ihre Tinktionsfähigkeit, um schließlich ganz zu verschwinden. Centrosomen konnte der genannte Autor in der Umgebung der ruhenden Kerne nicht nachweisen, dahingegen sah er im Asterstadium eine deutliche achromatische Spindel und an den Polen lichtbrechende Punkte, die vielleicht als Centrosomen aufzufassen sind. Von rudimentären Zellplatten konnte FAIRCHILD bei *Valonia* nichts beobachten.

4) Caulerpaceae. Im Plasmakörper von *Caulerpa prolifera* wurden zuerst von SCHMITZ (II, 350) zahlreiche und sehr kleine Kerne beobachtet.

5) Derbesiaceae. In den Protoplasten von *Derbesia neglecta* finden sich nach BERTHOLD (I, 77) zahlreiche, spindelförmige, 3 μ lange Kerne, die einen Nukleolus einschlossen. In den jungen Sporangien beobachtete der gleiche Autor, daß die Kerne, deren Zahl auf ca. 100 geschätzt wurde, in einem gewissen Entwickelungsstadium durch intensiv gefärbte Fäden netzartig verbunden waren. Später fand sich statt der netzförmig verbundenen Kerne eine bedeutend geringere Anzahl größerer, intensiv gefärbter Flecke von wenig scharfen Umrissen. Allmählich traten dann an Stelle dieser Flecke scharf umschriebene, große Kerne mit Nukleolen auf. Um diese bildeten sich schließlich die Sporen. Vor dem Zerfall in die einzelnen Partien zeigt jedoch das Plasma um die Kerne herum eine schön radiäre Anordnung.

In den Schwärmsporen von *Derbesia neglecta* beobachtete BERTHOLD (I, 78) einen im vorderen, hyalinen Teile gelegenen Kern.

6) Codiaceae. Im Thallus vom *Codium tomentosum* beobachtete SCHMITZ (II, 346) zahlreiche Kerne, die in den jungen Sporangien vor der Bildung der Zoosporen eine entsprechende Vermehrung erleiden.

Nach BERTHOLD (I, 74) sind die Kerne von *Codium* schon in der lebenden Zelle, in der sie an der Bewegung des Plasmas teilnehmen, mit Sicherheit nachzuweisen. Sie besitzen unmittelbar vor der Teilung eine Größe von 15 $\times$ 6 μ und enthalten 1—3 Nukleolen. Während der ebenfalls von BERTHOLD beobachteten Kernteilung bleibt die äußere Abgrenzung der Kerne stets erhalten. Sehr lange zeigen dieselben ferner eine spindelförmige Gestalt; dann bilden sich Anschwellungen an den Polen, in die die chromatische Substanz hineinwandert. Das zwischen den beiden Tochterkernen schließlich vorhandene, zarte Verbindungsstück soll nicht ebenfalls eingezogen werden, sondern sich von den Tochterkernen loslösen und später verschwinden. Nach der Fixierung und Färbung konnte BERTHOLD in den Kernteilungsfiguren

fädige Strukturen nachweisen. Ferner beobachtete er in der Mitte des Verbindungsstückes zwischen den beiden Tochterkernen kleine Körnchen, die er für Analoga der Zellplatte der höheren Gewächse hält. Schließlich ist noch bemerkenswert, daß die Nukleolen in allen Stadien der Karyokinese nachweisbar waren.

7) Vaucheriaceae. In den vegetativen Fäden wurden etwa gleichzeitig von MAUPAS (II, 232) und SCHMITZ (II, 347) sehr kleine, kugelige Kerne beobachtet, die unter der Chlorophyllkörperschicht liegen. Ihre Anzahl ist namentlich in jüngeren, plasmareichen Schläuchen eine sehr große; die äußerste Spitze gut wachsender Fäden ist aber nach OLTMANNS (II, 392) kernfrei.

Bei der Bildung der Zoosporen treten die Kerne durch die Chlorophyllkörperschicht hindurch in das oberflächliche Plasma, und es gehen nach den Beobachtungen von SCHMITZ (II) von jedem Kerne 2 Cilien aus. Nach beendigtem Schwärmen wandern die Kerne wieder durch die Chloroplastenschicht in das unterhalb derselben gelegene Plasma zurück.

Für die Oogon-Anlagen gab SCHMITZ (II, 349) an, daß sie zahlreiche Kerne enthalten, die aber später höchst wahrscheinlich zu einem einzigen Kerne verschmelzen sollten. Zu ähnlichen Resultaten gelangte auch J. BEHRENS (I, 316). In der aus dem geöffneten Oogon ausgeschiedenen Plasmamasse sollten nach SCHMITZ (VII, 225) zahlreiche kleine Kernfragmente liegen, die von den Zellkernen der jungen Oogonien abgegliedert wären. KLEBAHN (II, 237) bestreitet dagegen in einer vorläufigen Mitteilung die Richtigkeit der obigen Angaben und giebt an, daß er noch lange nach der Befruchtung in jeder Oospore zahlreiche kleine Kerne beobachtet hat.

Nach den sehr exakten Untersuchungen von OLTMANNS (II), bei denen Mikrotomschnitte, die eine viel schärfer differenzierte Färbung ermöglichen, zur Verwendung kamen, kann nun aber als festgestellt gelten, daß bei der Oogonbildung von *Vaucheria* eine Kernverschmelzung sicher nicht stattfindet. Allerdings konnte OLTMANNS ebenfalls beobachten, daß in die Oogonanlage zugleich mit den großen Plasmamassen zunächst zahlreiche Kerne hineinwandern (Fig. 77, *A* u. *B*). Dieselben scheinen hier dann namentlich in der Nähe des Schnabels noch eine Vermehrung durch Zweiteilung zu erfahren, wenigstens erschienen die Kerne hier häufig stark zugespitzt, spindelförmig und enthielten statt des einen centralen, stark gefärbten Körperchens zwei, die bald gleich, bald stark ungleich waren. Alle Spindeln zeigten nach der Spitze des Schnabels. Für die Deutung dieser Bilder als Teilungsstadien spricht auch der Umstand, daß der genannte Autor in dem betreffenden Stadium sehr häufig zwei Kerne unmittelbar nebeneinander liegen sah.

Nachdem nun aber das Oogonium ungefähr seine definitive Größe erreicht hat, tritt eine rückläufige Bewegung der Plasmamassen ein, und es wandern mit dem Plasma zahlreiche Chloroplasten und Zellkerne in den Tragfaden zurück (Fig. 77, *C*). Der einzige zurückbleibende Kern liegt anfangs im Schnabel an der Grenze zwischen dem farblosen und dem chloroplastenhaltigen Plasma (Fig. 77, *C*) und wandert von dort allmählich mehr in die Mitte des Oogons (Fig. 77, *D*), das dann durch eine Membran vom Tragfaden abgetrennt wird. Der in der Mitte des Oogons enthaltene Kern behält seine centrale Lage bis

zur Befruchtung. Es findet auch keine Teilung desselben statt, so daß es ausgeschlossen erscheint, daß in dem von dem Oogonschnabel ausgestoßenen Plasmatropfen Kerne oder Kernfragmente enthalten sind. OLTMANNS (II, 401) beobachtete zwar im Plasma des Schnabels Körnchen, die sich etwas intensiver färben als die Umgebung, er hält es aber nicht für wahrscheinlich, daß dieselben zu den Kernen in Beziehung stehen.

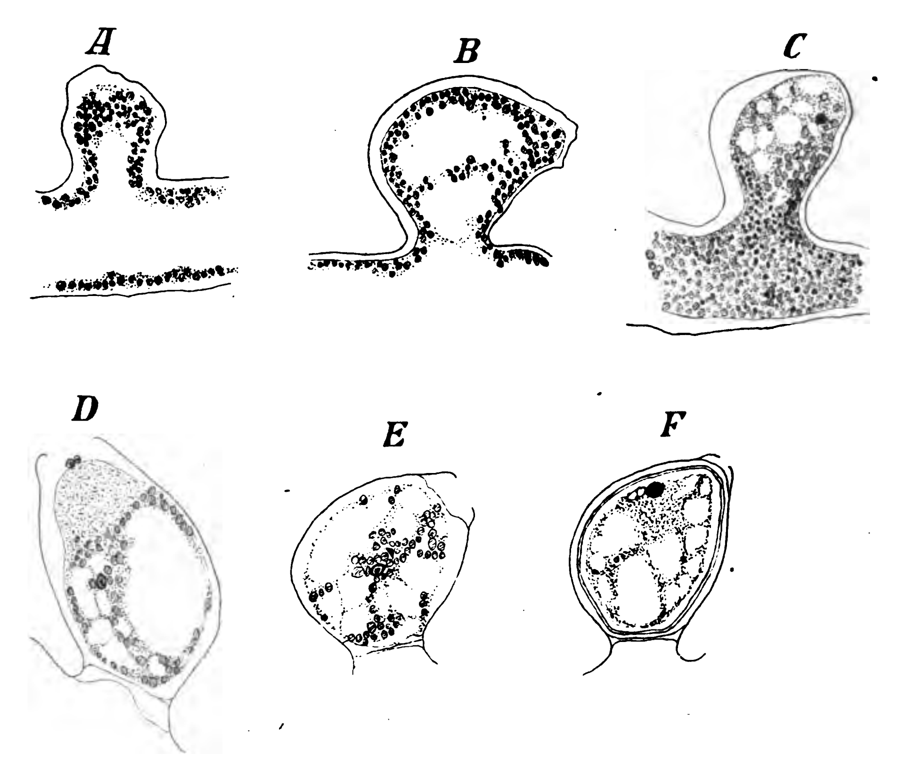


Fig. 77. *Vaucheria clavata.* *A*—*C* Schnitte durch junge Oogonien; *D* id. zur Zeit der Geschlechtsreife; *E* id. nach der Befruchtung. *F* mehrere Wochen alte Oospore. Nach OLTMANNS (II).

Die Antheridien-Anlagen enthalten nach OLTMANNS (II, 303) zahlreiche Kerne, die sich aber dort höchst wahrscheinlich noch durch Teilung vermehren. Nach der Bildung der Scheidewand werden die Kerne allmählich immer mehr spindelförmig und wandern in die große centrale Vakuole, in der sie zunächst eine strahlige Anordnung zeigen. Die spindelförmigen Körper stellen die Spermatozoiden dar, die chlorophyllfrei sind. Sie enthalten meist zwei größere Chromatinkörner. OLTMANNS nimmt auch an, daß sie von einem feinen Plasmahof umgeben sind. Im Innenraum des Antheridiums waren sehr feine Fäden sichtbar, die wahrscheinlich als Cilien aufzufassen sind.

Sehr genau wurde ferner auch von OLTMANNS das Verhalten der Sexualzellen während der Verschmelzung verfolgt (Fig. 77, *E* u. Fig. 78). Er konnte hierbei namentlich feststellen, daß der Spermakern sofort nach seinem Eindringen in das Oogonium eine bedeutendere Größe

und ein viel lockereres Gefüge zeigt und daß viele, stark tingierbare Körnchen in ihm sichtbar werden. Auch der Eikern ist inzwischen erheblich gewachsen und erscheint ebenfalls körniger. Er enthält aber noch einen großen, bei der Färbung stark hervortretenden Nukleolus. Nachdem sich nun die Kerne bis zur unmittelbaren Berührung einander genähert haben, findet die durch Fig. 78, *B* und *C* illustrierte Verschmelzung derselben statt.

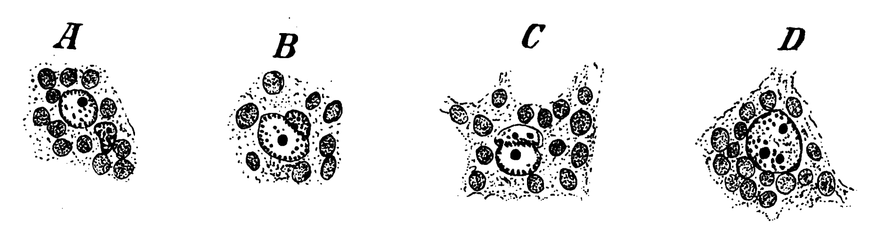


Fig. 78. *Vaucheria clavata.* Verschmelzung der Sexualkerne. Nach OLTMANNS (II).

Der durch diese Verschmelzung entstandene Kern (Fig. 78, *D*) erscheint nun zunächst wie von einem feinen, lockeren Gerüst durchsetzt, in welchem zahlreiche, gleich große Chromatinkugeln liegen, später wird der Kern kleiner und dichter, auch erscheint er feiner punktiert, schließlich tritt in ihm wieder ein Nukleolus-ähnlicher, größerer Körper auf, und gleichzeitig bemerkt man an der Peripherie eine dichtere, membranähnliche Schicht.

8) Phyllosiphoneen. In den vegetativen Schläuchen von *Phyllosiphon Arisari* wurden von SCHMITZ (III, 194) zahlreiche Kerne nachgewiesen.

Bei *Phytophysa Treubii* beobachtete WEBER VAN BOSSE (II) ebenfalls zahlreiche Zellkerne in den vegetativen Zellen. Die genannte Autorin hält eine Vermehrung derselben durch Fragmentation für wahrscheinlich, weil sie langgestreckte Kerne und solche, die sich schon in zwei Hälften geteilt hatten, auffinden konnte.

II. Confervoideen.

1) Ulotrichaceen. In den Schwärmsporen von *Microspora floccosa* wurde zuerst von MAUPAS (I, 1276) ein Kern beobachtet.

Bei verschiedenen, nicht näher bestimmten Arten der Gattung *Conferva* beobachtete SCHMITZ (II, 351) teils je einen, teils je 2 Kerne in jeder Zelle. Bei *Schizogonium murale* konnte SCHMITZ (II, 353) dagegen stets nur einen Kern in jeder Zelle nachweisen.

Bei *Ulothrix*, dessen vegetative Zellen normalerweise stets nur einen Kern enthalten, beobachtete ISTVANFFI (I) Zellen von abnormer Länge, „hypertrophierte Riesenzellen“, die mehrere Kerne enthielten.

Für *Binuclearia* hatte WITTROCK (I, 61) das konstante Vorkommen von 2 Kernen in jeder Zelle angegeben, von denen der eine stets bedeutend größer sein soll, als der andere. Nach WILLE (I, 84) besitzen die Zellen dieser Alge aber ebenfalls stets nur einen Kern; die abweichenden Angaben von WITTROCK scheinen auf einer Verwechslung zwischen Kernen und Oeltropfen zu beruhen.

2) Cladophoraceen. Die *Cladophoraceen* enthalten in den ausgewachsenen Zellen stets eine große Menge von Zellkernen; nur bei

einigen *Rhizoclonium*-Arten kommen auch Arten mit 1, 2 oder 4 Zellkernen in jeder Zelle vor (vergl. WILLE I, 115).

Bei *Cladophora* wurden die Kerne wohl zuerst von MAUPAS (II, 252) beobachtet, der in den Zellen einer marinen Art 150—200 Kerne zählen konnte. Von STRASBURGER (V, 72) wurden in den Zellen einer *Cladophora* von einem hellen Hof umgebene Körper beobachtet, die vielleicht als Centralkörper zu deuten sind.

In den vegetativen Zellen von *Urospora mirabilis* befinden sich nach den übereinstimmenden Angaben von SCHMITZ (I, 130) und WOLTKE (I) zahlreiche Kerne, während die Makro- und Mikrozoosporen nur einen Kern einschließen.

Nach MOEBIUS (I, 357) enthalten die Akineten von *Pitophora* zahlreiche Kerne, und es scheint während der Bildung derselben weder eine Verschmelzung, noch eine weitere Teilung von Kernen stattzufinden.

3) Sphaeropleaceen. Die vegetativen Kerne von *Sphaeroplea* enthalten, wie von HEINRICHER (I, 437) nachgewiesen wurde, zahlreiche Kerne. In den Oosphären befindet sich dagegen stets nur ein Kern. Der Bildung der Spermatozoën geht stets eine bedeutende Vermehrung der Kerne voraus, von denen jedes Spermatozoon einen enthält. Diese Beobachtungen wurden im wesentlichen auch von RAUWENHOFF (I) bestätigt. Doch giebt dieser Autor an, daß die Oosphaeren 1 oder 2 Kerne enthalten, in denen sich keine Nukleolen vorfanden; dahingegen waren in denselben stäbchenförmige Chromatinkörper zu unregelmäßigen Figuren angeordnet. Das Verhalten der Kerne während des Sexualaktes wurde bisher bei *Sphaeroplea* noch nicht beobachtet.

4) Chaetophoraceen. In den Zellen von *Chroolepus umbrinum* und *moniliforme* und *Gongrosira pygmaea* wurde zuerst von SCHMITZ (II, 352 und 355) ein Zellkern nachgewiesen. Nach WILLE (I, 87) enthalten die *Chaetophoraceen* allgemein in jeder Zelle einen Zellkern. Für *Trichophilus Welckerii* wurde dies von WEBER VAN BOSSE (I) nachgewiesen.

Bei *Draparnaldia glomerata* konnte SCHMITZ (II, 366) nachweisen, daß die Schwärmsporen ebenfalls je einen Kern enthalten.

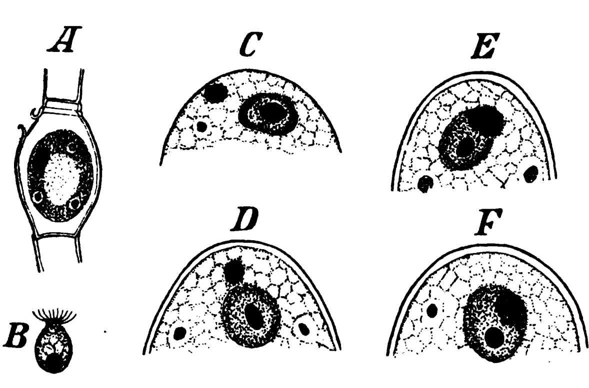


Fig. 79. *Oedogonium Borcii.* *A* Oogonium; *B* Spermatozoid; *C—F* oberer Teil einer Zygote nach dem Eindringen des Spermatozoons. Vergr. von *A* 280, von *B—F* 660. Nach KLEBAHN (II).

5) Oedogoniaceen. In den Schwärmsporen einer nicht näher bestimmten *Oedogonium* Spec. konnte zuerst MAUPAS (I, 1276) einen Kern nachweisen.

Aus neuerer Zeit liegt über das Verhalten der Kerne in den Sexualorganen von *Oedogonium Borcii* eine sorgfältige Unter-

suchung von KLEBAHN (II) vor. Danach ist der weibliche Kern (Fig. 79, *A*) den vegetativen Kernen ähnlich und relativ groß, wenig körnig, aber mit großem Nukleolus versehen, während der im hinteren Ende des Spermatozoons befindliche kleinere, männliche Kern (Fig. 79, *B*) „ein von dem gewöhnlichen, ruhenden Zustande der *Oedogonium*-Kerne abweichendes Verhalten zeigt, ohne daß er indessen als in der Mitose begriffen bezeichnet werden könnte“. Er ist sehr dicht und stark körnig und besitzt keinen Nukleolus.

Bezüglich des Sexualaktes beobachtete der genannte Autor, daß der Spermakern nach seinem Eindringen in das Ei (Fig. 79, *C*) außer einer gewissen Volumzunahme keine sichtbare Veränderung erleidet und sehr bald mit dem Kerne der Eizelle verschmilzt. Dieser Verschmelzung (Fig. 79, *D—F*) geht keine Aneinanderlagerung der Kerne voraus, sondern sie tritt gleich nach der Berührung derselben ein. „Dem Augenscheine nach findet eine vollständige Vermischung der Substanz des Spermakernes mit der des Eikernes statt; wenigstens spricht keine Beobachtungsthatsache dafür, daß erstere selbständig innerhalb des befruchteten Kernes erhalten bliebe, und das Verhalten der Kernfäden entzieht sich der Beobachtung.“

Besonders hebt KLEBAHN hervor, daß bei *Oedogonium* von einer echten Richtungskörperbildung nicht die Rede sein kann, daß von dem Eikern von der Ausbildung des Oogoniums an bis zur vollendeten Verschmelzung keinerlei Abscheidung von Kernsubstanz stattfindet. Als möglich stellt er es dagegen hin, daß die plasmaarmen Stützzellen ein physiologisches Aequivalent der Richtungskörper bilden könnten.

Erwähnt sei schließlich noch, daß KLEBAHN bei *Oedogonium Borcii* auch den Verlauf der Kernteilung in den vegetativen Zellen verfolgt hat. Dieselbe verläuft hiernach nach dem Schema der gewöhnlichen Karyokinese. Nur der Nachweis achromatischer Spindelfasern wollte KLEBAHN nicht gelingen.

6) Coleochaetaceen. Bei *Coleochaete pulvinata* konnte JOST (II) feststellen, daß die Oogonien vor der Befruchtung stets nur einen Kern enthalten.

III. Protococcoideen.

1) Volvocaceen. Die vegetativen Zellen der *Volvocaceen* scheinen stets nur je einen Zellkern zu besitzen. Bei *Volvox* beobachtete OVERTON (II, 105) einen rundlichen Kern mit kleinem Nukleolus. Er lag meist etwas hinter dem Stigma und dicht an der Peripherie des Plasmakörpers. Die Teilung desselben findet nach OVERTON (II, 177 und 213) unter Auflösung des Nukleolus und Bildung fädiger Differenzierungen statt. Weitere Details konnten bisher noch nicht festgestellt werden. Sehr große Kerne fand OVERTON (II, 149) in den jungen Parthenogonidien.

Was sodann die Sexualorgane anlangt, so beobachtete OVERTON (II, 242) bei *Volvox minor* innerhalb der Spermatozoën einen rundlichen, mit Kernkörperchen versehenen Kern, während die von *V. globator* einen stäbchenförmigen Kern ohne Kernkörperchen enthielten. Die Eizellen enthalten bei beiden Arten einen ziemlich großen Kern mit deutlichem Nukleolus. Der Sexualakt selbst bedarf

noch der näheren Untersuchung; immerhin beobachtete OVERTON (II, 245) bereits, daß die Eizelle in dem Stadium, in dem die Hülle kaum deutlich doppelt konturiert erscheint, neben dem großen Kern noch einen zweiten wesentlich kleineren enthält, der wohl sicher aus dem eingedrungenen Spermatozoon stammt. OVERTON bildet denselben mit einem Nukleolus versehen ab. In älteren Stadien beobachtete der genannte Autor wieder nur einen Kern.

2) Protococcaceen. Die vegetativen Zellen der *Protococcaceen* enthalten, soviel bekannt, stets nur einen Kern.

Bei *Stomatochytrium Limnanthemum* beobachtete CUNNINGHAM (I), daß der Bildung der Zoosporen eine wiederholte Teilung des auch hier ursprünglich in Einzahl in jeder Zelle vorhandenen Kernes vorausgeht.

3) Hydrodictyaceen. In den Zellen der *Hydrodictyaceen* schwankt die Zahl der Zellkerne. So besitzen speciell die Zellen von *Hydrodictyon* nach den übereinstimmenden Angaben von SCHMITZ (I, 130), STRASBURGER (VI, 65) und ARTARI (I) in jeder Zelle eine große Anzahl von Kernen; nur die Zoosporen sind, wie ARTARI (I) und KLEBS (I, 795) nachgewiesen haben, einkernig.

Bei anderen Arten, wie *Coelastrum* und *Sorastrum*, enthält dagegen jede Zelle nur einen Kern (vergl. WILLE I, 70).

Nach ASKENASY (I) findet sich in den jungen Cönobien von *Pediastrum* je ein Kern in jeder Zelle; mit dem Wachstum derselben nahm aber die Zahl der Kerne allmählich zu. Auch in den Mikrogonidien konnte der genannte Autor einen Kern nachweisen. In dem früher als besondere Gattung *Polyedrium* bezeichneten Entwickelungsstadium von *Pediastrum* fand ASKENASY mehrere Kerne.

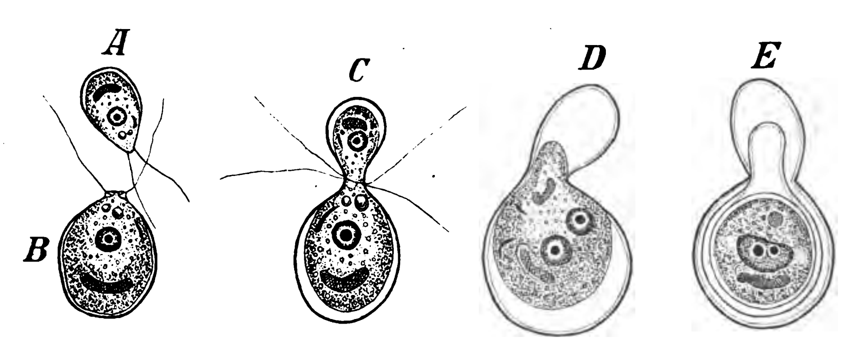


Fig. 80. *Chlamydomonas Braunii*. *A* Mikrogamete; *B* Makrogamete; *C—E* verschiedene Stadien der Kopulation. Vergr. *A—C* 600, *D* u. *E* 800. Nach GOROSCHANKIN (I).

4) Pleurococcaceen. Der Kern von *Scenedesmus* ist nach den Beobachtungen von FRANZÉ (II) spindelförmig und mit der Längsachse senkrecht zu der der Zelle orientiert. Derselbe soll ferner von einer Hülle umgeben sein, welche aus sich kreuzenden Fäden besteht. Auch im Nukleolus nimmt der genannte Autor sich kreuzende Fäden an.

5) Ulvaceen. Bei *Ulva* beobachtete SCHMITZ (II, 353) je einen Kern in jeder Zelle, ebenso bei *Monostroma bullosum*.

6) Chlamydomonadineen. Bei zwei Arten der Gattung *Chlamydomonas* beobachtete SCHMITZ (II, 353) je einen Kern. Bei einer als *Chlamydomonas Reinhardti* bezeichneten Species konnte ferner DANGEARD (V, 132) Beobachtungen machen, die dafür sprechen, daß während der Kopulation der Gameten eine Kernverschmelzung stattfindet. Nach den Untersuchungen von GOROSCHANKIN (I, 15) läßt sich nun übrigens dieser Vorgang namentlich bei *Chlamydomonas Braunii* sehr leicht beobachten. Der genannte Autor konnte bei dieser Art die Verschmelzung der Gametenkerne sogar innerhalb der lebenden Objekte in den verschiedenen Stadien verfolgen; die Einzelheiten sind aber natürlich auch hier besser an fixiertem und tingiertem Material zu beobachten. Die beistehenden Fig. 80, *A* und *B* stellen zunächst die noch getrennten Mikro- und Makrogameten dar und zeigen den in der vorderen Hälfte derselben befindlichen, mit großem Nukleolus versehenen Kern. In Fig. 80, *C—D* sind ferner die verschiedenen Stadien der Kopulation dargestellt. In Fig. 80, *D* sind die beiden Kerne schon vollständig miteinander verschmolzen. Mit der Reife der Zygoten findet dann auch eine Verschmelzung der beiden in Fig. 80, *D* noch getrennten Nukleolen statt.

IV. Conjugaten.

1) Zygnemaceen. Die relativ großen und bei den meisten Arten schon in der lebenden Zelle mit Leichtigkeit zu beobachtenden Zellkerne der *Spirogyren* sind bereits von zahlreichen Forschern, von denen an dieser Stelle TANGL (I), FLEMMING (I, 318), MACFARLANE (I), CARNOY (I, 236), STRASBURGER (VII), ZACHARIAS (I), MEUNIER (I), DEGAGNY (I und III) und MOLL (I) erwähnt werden mögen, teils im ruhenden Zustande, teils während der Teilung untersucht. Trotzdem können diese Untersuchungen noch keineswegs als abgeschlossen betrachtet werden, da die Angaben der neueren Autoren noch in wichtigen Punkten erheblich voneinander differieren.

Bezüglich der im ruhenden Kern zu beobachtenden Differenzierungen stimmen allerdings die neueren Angaben darin überein, daß in demselben außerhalb des relativ großen Nucleolus nur sehr wenig färbbare Substanz vorhanden ist. Auch DEGAGNY (I), der früher die gegenteilige Ansicht vertrat, scheint nach seiner neueren Mitteilung (III) zu der gleichen Ueberzeugung gelangt zu sein. CARNOY (I) und MEUNIER (I) gingen aber sogar so weit, daß sie die Nukleolen als den alleinigen Sitz des Chromatins (Nucleïns) betrachteten.

Nach MEUNIER soll das Chromatin innerhalb der Nukleolen der *Spirogyren* sogar eine fädige Struktur bilden und von einer Membran umgeben sein. Die fädige Struktur soll am besten hervortreten, wenn man die Zellen in ammoniakalischer Karminlösung zerdrückt und dann verdünnten Alkohol, Essigsäure oder ein anderes kontrahierendes Mittel zusetzt. Bezüglich der Reaktionen des in den Nukleolen enthaltenen Fadengerüstes giebt MEUNIER (I) ferner an, daß dasselbe durch konzentrierte Salzsäure gelöst wird, nicht aber durch verdünnte; ebenso bleibt dasselbe auch in allen Verdauungsflüssigkeiten erhalten, und ist schließlich der einzige Bestandteil des Kernes, der durch Karmin, Hämatoxylin und Methylgrün intensiv gefärbt wird. Ebenso beobachtete ferner MOLL (I) in manchen Fällen eine mehr oder weniger deutliche, fädige Struktur innerhalb der Nukleolen (Fig. 81, *A* und *B*). In

zahlreichen anderen Fällen konnte er aber auch nur Vakuolen innerhalb derselben nachweisen.

Im Gegensatz zu diesen Angaben hat jedoch namentlich ZACHARIAS (XIII, 90) durch verschiedene Reaktionen nachzuweisen gesucht, daß bei den *Spirogyren* das Kerngerüst als der Sitz des Chromatins anzusehen ist. In Uebereinstimmung hiermit konnte sich auch Verf. davon überzeugen, daß bei Mikrotomschnitten von *Spirogyren*, die mit Essigsäure + Quecksilberchlorid fixiert waren, nach der Färbung mit Fuchsin + Jodgrün die Nukleolen intensiv rot, das Kerngerüst aber — allerdings wenig intensiv — grün gefärbt war.

Bei der Kernteilung der *Spirogyren* sollen nach MEUNIER (I) die Chromosomen direkt aus den fädigen Strukturen des Nukleolus entstehen. MOLL (I) hält es dagegen für wahrscheinlicher, daß nur das Chromatin der perlschnurartig erscheinenden Chromosomen (Fig. 81, *B* und *C*) vom Nukleolus abstammt. Er konnte beobachten,

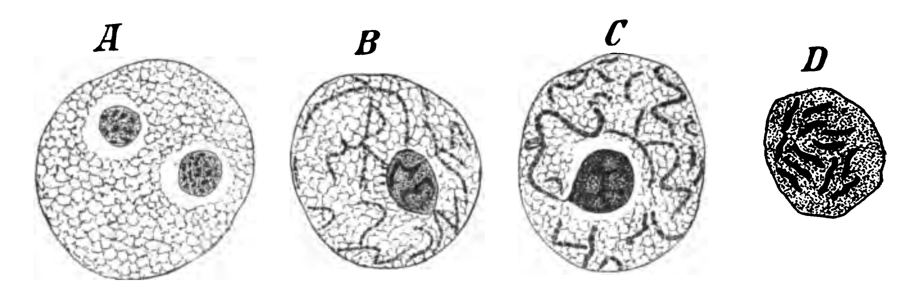


Fig. 81. *Spirogyra crassa.* *A* ruhender Kern; *B—D* Teilungsstadien. Nach MOLL (I).

wie einzelne Chromosomen mit dem an dieser Stelle etwas zugespitzten Nukleolus in Verbindung stehen (Fig. 81, *C*), und nimmt an, daß an diesen Stellen das Chromatin aus dem Nukleolus austritt. Für die weniger tinktionsfähige Grundmasse der Chromosomen hält aber MOLL eine Entstehung aus dem außerhalb der Nukleolen gelegenen Kerngerüst für wahrscheinlicher. Ob nun aber die Nukleolen wirklich die chromatische Substanz der Chromosomen liefern, scheint mir denn doch nach den ja allerdings sehr merkwürdigen Beobachtungen von MOLL noch zweifelhaft.

Bezüglich der Zahl der Chromosomen sei noch erwähnt, daß dieselbe bei *Spirogyra crassa* nach den übereinstimmenden Angaben von STRASBURGER und MOLL (vergl. Fig. 81, *D*) 12 beträgt. In einem Falle konnte MOLL allerdings mit Sicherheit 13 Chromosomen zählen.

Hinsichtlich des Nukleolus sei noch hervorgehoben, daß derselbe nach der übereinstimmenden Aussage aller Beobachter während der Ausbildung der Chromosomen als solcher aufhört zu existieren.

Die achromatische Kernfigur zeigt bei manchen *Spirogyren* die bemerkenswerte Erscheinung, daß sie ganz im Inneren der Kernmembran entsteht (Fig. 82), und zwar beginnt die Bildung derselben, wie FLEMMING (I, 320) gezeigt hat, schon zu einer Zeit, wo die Kernmembran noch keine Unterbrechungen erkennen läßt. Außerdem treten zwar häufig auch außerhalb der Kerne Strahlensysteme auf; es ist

aber, wie von FLEMMING nachgewiesen wurde, nicht wahrscheinlich, daß diese mit den von der Kernmembran umschlossenen in genetischem Zusammenhange stehen.

Erwähnen will ich schließlich noch, daß nach DE WILDEMAN (I u. II) bei verschiedenen *Spirogyra*-Arten nach der Fixierung mit Chromessigsäure und Färbung mit Malachitgrün Centralkörper sichtbar sein sollen. Dieselben sollen einen feinkörnigen Plasmaklumpen mit dichterem Centrum bilden. Die Teilung des letzteren soll erst kurz vor der Kernteilung stattfinden.

Bezüglich des Verhaltens der Kerne bei der Zygosporenbildung wurde zuerst von SCHMITZ (II, 367) für *Spirogyra* angegeben, daß die beiden Kerne der kopulierenden Zelle in der Zygospore miteinander verschmelzen. Diese Angabe wurde später von OVERTON (III) bestätigt. Nach KLEBAHN (III) sollen jedoch die beiden Kerne, von denen jeder ein deutliches Kernkörperchen besitzt, noch lange nach der Vereinigung der kopulierenden Protoplasten unmittelbar nebeneinander gelagert bleiben. In der reifen Zygospore fand KLEBAHN jedoch ebenfalls nur einen Kern mit einem Kernkörperchen.

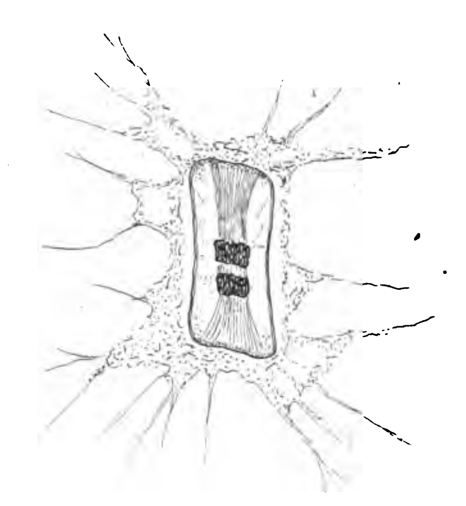


Fig. 82. *Spirogyra* spec. Kern in Teilung begriffen. Nach FLEMMING (I, 322).

Bei *Zygnema* findet nach KLEBAHN (III, 163) die Verschmelzung der Kerne bei der Zygosporenbildung schneller statt als bei *Spirogyra*. Auch IKENO (I) konnte die Kernverschmelzung bei der Konjugation von *Zygnema* beobachten. Bemerkenswert ist von den Angaben dieses Autors, daß bei einer Art, die die Zygosporen in dem Kanal zwischen den beiden konjugierenden Zellen bildete, in den ersten Stadien der Verschmelzung die noch weit voneinander entfernten Kerne durch einen zarten Faden verbunden waren. Derselbe entsteht höchst wahrscheinlich in der Weise, daß von den beiden Kernen aus Fortsätze gebildet werden, die zu jenem Verbindungsfaden verschmelzen. Dieser wird allmählich immer dicker, und schließlich findet eine vollständige Abrundung der verschmolzenen Kerne und auch eine Verschmelzung der Nukleolen statt.

Zu sehr eigenartigen Resultaten ist dagegen CHMIELEWSKY (II) durch Untersuchung verschieden alter Zygoten von *Spirogyra crassa* gelangt. Nach diesen soll der in der jungen Zygote durch Verschmelzung entstandene Kern später durch zweimalige Teilung in 4 Kerne zerfallen, von denen 2 später unter Fragmentierung zu Grunde gehen, während die beiden anderen wieder miteinander verschmelzen sollen. Der so gebildete Zygotenkern bleibt dann bis zur Keimung erhalten.

HALLAS (I, 5) beobachtete in den Azygosporen von *Zygnema reticulatum* meist einen Kern, seltener 2 oder auch einen Kern mit 2 Nukleolen.

Die Keimung der Zygosporen von *Zygnema* und *Spirogyra* zeigt nach KLEBAHN (I) keine Anklänge an die bei den *Desmidiaceen* gemachten Beobachtungen. Der genannte Autor beobachtete hier stets

nur einen Kern in jeder Zelle, nirgends eine Spur von Kleinkernen oder dergl. Speciellere Angaben über das Verhalten der Kerne während der Keimung der von HALLAS beobachteten Azygosporen liegen zur Zeit nicht vor.

2) Mesocarpeen. Bei *Mesocarpus* fand KLEBAHN (III, 164) in den jungen Zygosporen die beiden Kerne noch getrennt. Ob die Vereinigung in der reifen Zygospore stattgefunden hat, blieb unentschieden, weil die Beobachtung der Kerne in diesen bisher nicht zu überwindende, mechanische Schwierigkeiten bot.

3) Desmidiaceen. Die vegetativen Zellen der Desmidiaceen enthalten stets einen, meist im Centrum der Zellen gelegenen Kern.

Bezüglich der Fortpflanzungsorgane wurde zunächst von KLEBAHN (III, 164) nachgewiesen, daß bei *Closterium* in den reifen Zygoten (Fig. 83, *A*) die beiden Kerne der konjugierenden Zellen stets noch vollständig voneinander getrennt sind. Eine Verschmelzung derselben findet nach neueren Untersuchungen KLEBAHN's (I) erst kurz vor der Keimung statt (Fig. 83, *B* u. *C*). Bei dieser zeigen nun aber die Kerne sehr merkwürdige Erscheinungen. Es findet nämlich nach dem Ausschlüpfen des gesamten Zellinhaltes aus der Membran der Zygospore alsbald eine nach dem normalen Schema der Karyokinese verlaufende Teilung des Kernes statt (Fig. 83, *D*), der bald eine zweite folgt (Fig. 83, *F*). Die bei der letzten Teilung entstandenen Kerne zeigen aber bald eine beträchtliche Verschiedenheit in ihrer Größe und Struktur und werden somit als „Großkerne" und „Kleinkerne" unterschieden (Fig. 83, *G*).

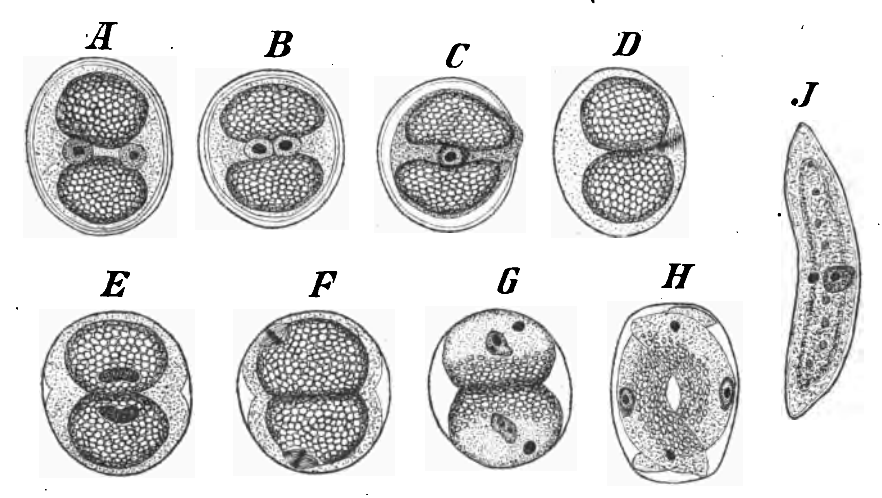


Fig. 83. *Closterium* spec. *A* reife Zygote; *B* id. kurz vor der Keimung; *C*—*J* successive Keimungsstadien. Vergr. 260. Nach KLEBAHN (I).

Während dieser beiden Teilungen des Kernes tritt ferner nur eine einfache Teilung des Protoplasten ein, und es befindet sich nach dieser Teilung in jeder der so entstandenen Tochterzellen je ein Großkern und ein Kleinkern (Fig. 83, *H, J*). Letzterer verschwindet aber noch vor der völligen Ausbildung der Keimlinge. Ob er sich mit dem Großkerne vereinigt oder im Cytoplasma aufgelöst wird, blieb unentschieden.

Die ebenfalls von KLEBAHN (I) beschriebene Keimung von *Cosmarium* stimmt im wesentlichen mit der von *Closterium* überein. Es findet auch hier eine Verschmelzung der beiden Zygotenkerne erst kurz vor der Keimung statt, und es befinden sich schließlich in den bei der Keimung entstehenden beiden Zellhälften je ein Großkern und ein Kleinkern, von denen der letztere noch vor der völligen Ausbildung der Keimlingszellen verschwindet.

Bemerkenswert ist jedoch, daß Verf. bei *Cosmarium* häufig beobachtete, daß beide Kleinkerne in einer Zellhälfte enthalten waren; es hat dies vielleicht darin seinen Grund, daß bei dieser Alge die Furchung der Keimkugel später stattfindet als bei *Closterium* und stets erst nach der Vollendung der zweiten Karyokinese. Ob die nur einen Großkern enthaltende Hälfte der Keimkugel sich in normaler Weise fortzuentwickeln vermag, konnte durch direkte Beobachtungen nicht nachgewiesen werden, es ist dies jedoch bei der Häufigkeit, mit der die beschriebene Abnormität beobachtet wurde, zum mindesten wahrscheinlich.

Schließlich hat KLEBAHN (I, 429) bei *Cosmarium* noch eigenartige Gebilde beobachtet, die höchst wahrscheinlich als Parthenosporen aufzufassen sind. In denselben bilden sich meist durch wiederholte Mitose ein Großkern und 3 Kleinkerne. Außerdem wurden bei *Cosmarium* noch verschiedene Anomalien beobachtet, die zur Zeit noch nicht weiter erklärt werden können.

Bei *Cylindrocystis* fand KLEBAHN (III, 165) dagegen in den jungen Sporen nur einen Kern, der meist noch 2 Nukleolen enthielt, also wohl sicher durch Vereinigung der Kerne der beiden bei der Bildung der Zygote verschmelzenden Zellen entstanden ist.

e) Diatomeen.

Die *Diatomeen* enthalten nach den Untersuchungen von LAUTERBORN (I, 11) in jeder vegetativen Zelle einen Kern, der aus einem netzartigen Liningerüst mit eingelagerten Chromatinkugeln und einem oder mehreren Nukleolen besteht.

Die abweichende Angabe von KOSLOWSKY (I), nach der die Zellen von *Pinnularia oblongolinearis* stets 2 Kerne enthalten sollen, dürfte vielleicht auf eine Verwechselung von Kern und Nukleolus zurückzuführen sein. Leider sind in dem mir allein zugänglichen Referate keine Angaben über Präparationsmethode etc. enthalten.

Bei den in neuerer Zeit von LAUTERBORN (I) eingehender untersuchten Kernteilungsfiguren der *Diatomeen* zeigt der chromatische Teil ein im wesentlichen normales Verhalten. Sehr schön soll namentlich die Orientierung der Chromosomen nach dem Polfeld hin sichtbar sein. Auch eine Längsspaltung derselben wurde beobachtet.

Sehr eigenartig verhielt sich dagegen die achromatische Kernfigur. Dieselbe entsteht beim Beginn der Karyokinese zwischen dem Kern und dem gleich noch zu erwähnenden Centrosoma als kugeliger oder ovaler Körper, der von LAUTERBORN (I) als Centralspindel bezeichnet wird. Dieser Körper nimmt alsbald eine zunächst sichelförmige und dann cylinderförmige Gestalt an und tritt in den Kern hinein. Gleichzeitig werden auch im Inneren der Centralspindel feine Fasern sichtbar, die innerhalb des Kernes von Pol zu Pol verlaufen. Zum Unterschiede von den typischen achromatischen Kernspindeln konvergieren diese Fasern aber nicht nach den Polen hin, sondern divergieren sogar, so daß die Centralspindel eine garbenförmige Gestalt besitzt. Einen Unterschied zwischen den verschiedenen untersuchten

Diatomeen fand LAUTERBORN (I) schließlich noch darin, daß *Surirella calcarata* nur eine Centralspindel enthält, während dieselbe bei anderen Arten noch von einer tonnenförmigen Spindel allseitig umhüllt sein soll.

Ein Centralkörper wurde zuerst von BÜTSCHLI (IV) in den Zellen von *Surirella calcarata*, in denen er schon im lebenden Zustande sichtbar sein soll, beobachtet. Derselbe lag als rundes Körnchen in der Einbuchtung des gewöhnlich nierenförmigen Zellkernes und bildete das Centrum strahliger plasmatischer Strukturen. Von LAUTERBORN (I, 13) wurden dann auch bei verschiedenen anderen *Diatomeen* Centralkörper beobachtet, und es wird von diesem Autor auch besonders hervorgehoben, daß neben dem ruhenden Kerne stets nur ein Centrosom sichtbar war und daß dasselbe nicht von Plasmastrahlungen umgeben war. Diese traten erst mit dem Beginn der Karyokinese auf. Merkwürdigerweise sind aber die Centrosomen in den späteren Stadien der Karyokinese überhaupt nicht mehr nachweisbar.

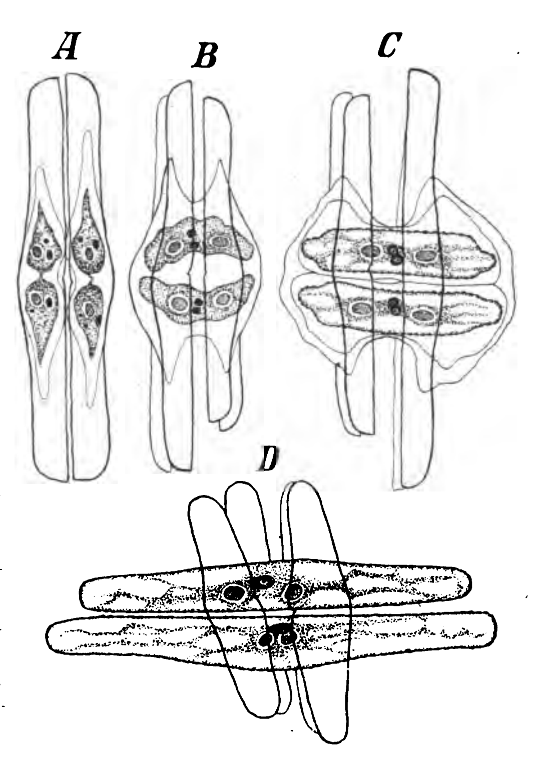


Fig. 84. *Rhopalodia gibba*. Auxosporenbildung. Die Kerne sind schwarz oder punktiert, die Pyrenoide schraffiert. Vergr. 480. Nach KLEBAHN (VI).

KARSTEN (IV, 288) beobachtete dagegen bei *Navicula peregrina* zu jeder Seite des Kernes ein kleines intensiv gefärbtes Körperchen, von dem er es nicht für unwahrscheinlich hält, daß es ein Centrosom darstellt. Während der Kernteilung waren diese Körper nicht mehr sichtbar.

Die Auxosporenbildung wurde in neuerer Zeit von KLEBAHN und KARSTEN untersucht. Von KLEBAHN (V und VI) wurde zunächst festgestellt, daß in den beiden kopulierenden Zellen eine zweimalige Kernteilung stattfindet, auf die dann eine einmalige Zweiteilung der Protoplasten folgt. Es entstehen 4 getrennte Plasmakörper, von denen jeder 2 Kerne enthält. Diese zeigen nun aber bald ähnliche Größen- und Strukturdifferenzen (Fig. 84, *A*), wie die Groß- und Kleinkerne der *Desmidiaceen* (vergl. S. 154). Die Kleinkerne sind nun aber bald nach der paarweisen Verschmelzung der Protoplasten vollständig verschwunden, und es enthalten dann also die durch die Kopulation entstehenden Zellen nur noch 2 Kerne (Fig. 84, *B*). Diese rücken dann aufeinander zu (Fig. 84, *C*) und verschmelzen während der Streckung der beiden Auxosporen (Fig. 84, *D*).

Ein ganz gleichartiges Verhalten hinsichtlich der Kerne konnte sodann KARSTEN (IV) bei *Navicula peregrina* und *Navicula scopulorum* feststellen. Bei *Libellus constrictus* scheint dagegen nach den Beobachtungen dieses Autors die Bildung von Kleinkernen zu unterbleiben.

G. Schizophyten.

Ob sämtliche *Schizophyten* echte Zellkerne besitzen, muß nach den zur Zeit vorliegenden Untersuchungen noch als zweifelhaft angesehen werden. Immerhin liegt doch bereits eine Anzahl von Beobachtungen in der Litteratur vor, die es für die *Cyanophyceen* und größeren *Bakterien* sehr wahrscheinlich erscheinen lassen, daß bei ihnen echte Kerne oder wenigstens diesen nahe verwandte Gebilde vorkommen. Für die kleineren *Bakterien* ist es dagegen zur Zeit noch nicht möglich, zu einem irgendwie abschließenden Urteil zu gelangen.

a) Cyanophyceen.

Unter den Angaben, welche den *Cyanophyceen* echte Zellkerne zuschreiben, befindet sich eine Anzahl, bei denen es sich, wie schon von HIERONYMUS (I, 469) hervorgehoben wurde, um Organismen zu handeln scheint, welche zu den übrigen *Cyanophyceen* nicht in naher verwandtschaftlicher Beziehung stehen und deshalb am besten ganz von denselben abgetrennt werden. Es dürften in diesem Sinne namentlich die folgenden Beobachtungen zu deuten sein:

Bei *Glaucocystis Nostochinearum* beobachtete HIERONYMUS (I, 464) einen mit deutlichem Nukleolus versehenen Zellkern in jeder Zelle. Der genannte Autor konnte hier auch einmal regelmäßige Kernteilungsfiguren beobachten, doch genügte das vorliegende Material nicht zur Feststellung weiterer Details.

Bei *Chroothece rupestris* und *Richteriana* finden sich nach den übereinstimmenden Angaben von SCHMITZ (cf. HANSGIRG I, 20, Anm.) und HIERONYMUS (I, 469) scharf begrenzte Zellkerne.

Dasselbe gilt auch von *Phragmonema sordidum* (cf. SCHMITZ IV, 173, Anm., und HIERONYMUS I, 470).

Bei *Chroodactylon Wolleanum* beobachtete HANSGIRG (I, 15) einen Zellkern in jeder Zelle.

Schließlich fand HIERONYMUS (I, 471) einen Zellkern in den Zellen der von A. WEBER VAN BOSSE (I) beschriebenen *Cyanoderma Bradypodis*.

Einer Bestätigung bedürftig scheinen jedoch die Angaben von REINHARDT bezüglich *Glauconema* und die von LAGERHEIM über die Zellkerne von *Gloeochaete* (cf. HIERONYMUS I, 470).

Außerdem liegt nun aber ferner auch eine Anzahl von zum Teil älteren Beobachtungen vor, nach welchen einzelne echte *Cyanophyceen* echte Kerne enthalten sollen:

So giebt SCHAARSCHMIDT (I) an, daß die Zellen von *Nostoc* einen der Scheidewand anliegenden Zellkern von 0,5—0,6 μ Durchmesser enthalten sollen. Vor der Teilung der Zellen soll derselbe in die Mitte der Zellen rücken und sich durch Einschnürung teilen. Das in dem mir allein zugänglichen Referat nicht näher charakterisierte tinktionelle Verhalten des fraglichen Kernes soll aber gegen die Chromatinnatur desselben sprechen.

WILLE (II, 243) giebt ferner für *Tolypothrix lanata* das Vorkommen nukleolenhaltiger Kerne an.

SCOTT (I) berichtet, daß er bei mehreren *Oscillaria*-Spec. und bei *Tolypothrix coactilis* unter Anwendung verschiedener Tinktionsmethoden centrale Kerne gesehen habe, die ein dem sogenannten Knäuelstadium entsprechendes Aussehen besaßen. Auch Kernteilungsfiguren, sogar achromatische Fäden sollen nach den Angaben dieses Autors vorkommen.

Schließlich beobachtete DANGEARD (IV) bei *Merismopoedia convoluta* bei der Fixierung mit Alkohol und Färbung mit Hämatoxylin einen großen, centralen Kern,

der meist scharf gegen das Cytoplasma abgegrenzt war. Derselbe erschien bald homogen, bald etwas granuliert; größere Körnchen konnten in demselben nicht unterschieden werden.

Ausgedehntere Untersuchungen über die Struktur der *Cyanophyceen* wurden nun aber in neuerer Zeit namentlich von BÜTSCHLI (II u. VI), DEINEGA (I), HIERONYMUS (I u. III), MACALLUM (II), MITROPHANOW (I), NADSON (I), PALLA (II), ZACHARIAS (II—IV) und ZUKAL (I—III) angestellt. Nach diesen Untersuchungen kann es nun wohl als unzweifelhaft angesehen werden, daß der Protoplast der *Cyanophyceen* aus zwei verschiedenen Substanzen besteht: der gefärbten Rindenschicht und einem farblosen, centralen Körper, der von ZACHARIAS als Centralteil, von BÜTSCHLI als Centralkörper bezeichnet wird. Um Verwechselungen mit den Centralkörpern oder Attraktionssphären der höheren Gewächse auszuschließen, habe ich der ersteren Bezeichnung den Vorzug gegeben.

Für die Frage, ob der Centralteil der *Cyanophyceen* als echter Zellkern aufzufassen ist, scheint nun zunächst die Art der Abgrenzung desselben gegen die Rindenschicht von Bedeutung. Die meisten Autoren haben sich nun in dieser Hinsicht für das Vorhandensein einer scharfen Grenze zwischen Centralteil und Rindenschicht ausgesprochen. Am entschiedensten geschah dies wohl von BÜTSCHLI, der allerdings doch auch das Fehlen einer besonderen, den Centralteil umgebenden Membran zugiebt. Auf den letzteren Umstand dürfte aber wohl kein allzu großes Gewicht zu legen sein, da ja auch vielfach bei unzweifelhaften Kernen der Nachweis einer Kernmembran nicht gelingt.

Namentlich von HIERONYMUS wird dagegen der entgegengesetzte Standpunkt vertreten. Nach den Beobachtungen dieses Autors sollen einzelne von den den Centralteil zusammensetzenden Fibrillen sogar bis zur Zellmembran vordringen und sich zwischen die Fibrillen der Rindenschicht einschieben können. Ich bemerke jedoch, daß diese Beobachtungen bisher noch von keinem einzigen Beobachter bestätigt gefunden wurden.

Die chemische Zusammensetzung des Centralteiles wurde namentlich von ZACHARIAS (II) untersucht. Derselbe konnte mit Hilfe mikrochemischer Reaktionen bei den verschiedensten *Cyanophyceen* ein aus Nucleïn bestehendes Gerüst nachweisen. Auf der anderen Seite zeigte ZACHARIAS aber auch, daß die auf Nucleïn reagierende Substanz im Centralteil nur unter bestimmten Kulturbedingungen angetroffen wird und daß Fäden, die vorher reich an jener Substanz waren, durch Veränderung der Lebensbedingungen von derselben ganz befreit werden können. Auch verhalten sich in dieser Beziehung die Zellen ein und desselben Fadens häufig sehr verschieden. Daß die Einschlüsse der *Oscillarien*-Zellen durch verschiedenartige Kulturbedingungen in erheblicher Weise verändert werden können, geht übrigens auch aus den Untersuchungen von MARX (I) hervor.

Wenn somit die mikrochemischen Untersuchungen eher gegen, als für die Kernnatur des Centralteiles sprechen, so wird doch auch von BÜTSCHLI (VI, 48) mit einer gewissen Berechtigung darauf hingewiesen, daß einerseits die mikrochemischen Methoden noch nicht derartig ausgebildet sind, daß sie unbedingte Zuverlässigkeit beanspruchen könnten, und daß andererseits die Tingierbarkeit des Centralteiles durch Hämatoxylin und andere specifische Kernfärbemittel für eine stoffliche Verwandtschaft zwischen dem Centralteile und den typischen Kernen spricht.

Ueber die feinere Struktur des Centralteiles liegen zur Zeit noch sehr differierende Angaben in der Litteratur vor, was auch nicht auffallen kann, da wir ja auch über die feinere Struktur der ruhenden Zellkerne der höheren Gewächse noch keineswegs zu abschließenden Resultaten gelangt sind. Ich erwähne in dieser Hinsicht nur, daß HIERONYMUS dem Centralteil der *Cyanophyceen* eine fibrilläre Struktur zuschreibt, während namentlich BÜTSCHLI und NADSON für eine wabige Struktur eingetreten sind. BÜTSCHLI führt neuerdings als Beweis für seine Ansicht namentlich eine große Anzahl von Mikrophotographien an, die teils nach lebenden, teils nach gefärbten Objekten angefertigt wurden. Obwohl ich nun, gestützt auf eigene Erfahrungen auf dem Gebiete der Mikrophotographie, gern zugebe, daß es sehr schwierig, vielleicht zur Zeit unmöglich ist, von derartigen Objekten bei so starken Vergrößerungen (2560—3150) einigermaßen scharfe Bilder zu bekommen, so muß ich es dennoch für bedenklich halten, daß BÜTSCHLI derartig verschwommene Bilder als Belege für die Richtigkeit seiner Beobachtungen anführt.

Eine specielle Besprechung erfordern nun ferner noch die körnigen Einschlüsse der *Cyanophyceen*-Zellen, die, wie namentlich von PALLA und NADSON nachgewiesen wurde, zwei verschiedenen Gruppen angehören und im folgenden mit NADSON als Chromatinkörner und Reservekörner bezeichnet werden sollen.

Die Chromatinkörner sind identisch mit den „roten Körnchen" von BÜTSCHLI, sowie den „Schleimkugeln" von SCHMITZ und PALLA. Sie sind namentlich dadurch charakterisiert, daß sie in verdünnter Salzsäure unlöslich sind, sich mit Hämatoxylin bei einer bestimmten, von BÜTSCHLI näher beschriebenen Anwendungsweise rotviolett färben und im lebenden Zustande Methylenblau sehr stark speichern. Nach BÜTSCHLI finden sich diese Körper vorwiegend im Inneren oder an der Oberfläche des Centralteiles. In einzelnen Fällen konnte er sie aber auch in der Rindenschicht nachweisen. Körper, die das gleiche Verhalten gegen Hämatoxylin zeigten, fand BÜTSCHLI ferner auch im Cytoplasma verschiedener anderer niederer Tiere und Pflanzen. Da er nun aber bei diesen gewisse Unterschiede zwischen jenen cytoplasmatischen Körpern und den Chromatinkugeln des Kernes nachweisen konnte, hält er es für wahrscheinlich, daß auch bei den *Cyanophyceen* zwischen den innerhalb und außerhalb des Centralteiles vorkommenden Chromatinkörnern ähnliche Unterschiede bestehen. Ein exakter Nachweis für die Richtigkeit dieser Annahme fehlt jedoch bislang.

Die Reservekörner, die identisch sind mit den Cyanophycinkörnern PALLA's, sind durch ihre leichte Löslichkeit in verdünnter Salzsäure und dadurch, daß sie durch Hämatoxylin rein blau gefärbt werden und in den lebenden Zellen kein Methylenblau speichern, den Chromatinkörnern gegenüber charakterisiert. Sie scheinen ausschließlich innerhalb der Rindenschicht vorzukommen und werden von PALLA als das erste sichtbare Assimilationsprodukt, zum Teil auch als Reservestoff aufgefaßt.

Erwähnen will ich noch, daß HIERONYMUS die beiden oben unterschiedenen Arten von körnigen Einschlüssen für identisch hält und als Cyanophycinkörner bezeichnet. Die gleiche Ansicht wurde auch von CHODAT & MALINESCO (I) vertreten.

Bei der Zellteilung der *Cyanophyceen* scheint eine einfache Einschnürung des Centralteiles derselben stattzufinden. Nur NADSON

führt einige Beobachtungen an, die für eine Uebergangsstufe zwischen direkter und indirekter Teilung sprechen sollen. Die betreffenden Figuren haben aber mit der typischen Karyokinese wenig Aehnlichkeit.

Zum Schluß erwähne ich noch die neueren Untersuchungen von Zukal (III), nach denen die *Cyanophyceen* einen viel komplizierteren Entwickelungsgang besitzen würden, als man bisher angenommen hat. Dieselben wurden in erster Linie an *Cylindrospermum stagnale* angestellt, deren jugendliche Zellen an der Peripherie des Centralteiles zahlreiche Chromatinkörner enthalten sollen. Später wurden dagegen in den betreffenden Zellen nur Reservekörner beobachtet, und schließlich sollen sich in denselben 2—5 auffallend große, glänzende, farblose Körper bilden, die durch Sprengung der Zellmembran in Freiheit gesetzt werden, um nach längerem Umherschwärmen sich paarweise miteinander zu vereinigen, und zwar sollen sich stets zwei verschiedenartig gestaltete Zoosporen aneinander legen. Bemerkenswert ist ferner noch, daß bei dieser Kopulation keine Vereinigung der Protoplasten der kopulierenden Zellen stattfinden soll. Aehnliche Erscheinungen hat Zukal auch bei einigen anderen *Cyanophyceen* beobachtet.

b) Schizomyceten.

Von den verschiedenen zur Zeit gewöhnlich zu den *Schizomyceten* gestellten Organismen dürften manche größere Formen, so namentlich die Schwefelbakterien *Beggiatoa, Chromatium* und *Ophidomonas* eine ähnliche Struktur besitzen wie die *Cyanophyceen*, und es wird auch speciell von Bütschli (VI) für dieselben angegeben, daß sie die gleiche Gliederung in Rindenschicht und Centralteil zeigen und daß sie in diesem mit Hämatoxylin sich rot-violett färbende Körner (Chromatinkörner) enthalten.

Von Schewiakoff (I) wurde die gleiche Gliederung für *Achromatium oxaliferum* angegeben. Speciell sollen hier auch die Chromatinkörner ausschließlich im Centralteil enthalten sein. Außerdem beobachtete Schewiakoff im Centralteil der genannten Bakterie noch eigenartige, stark lichtbrechende Inhaltskörper, die in der Hauptsache aus Calciumoxalat zu bestehen scheinen.

Für die kleineren Bakterien wird von Bütschli (II u. VI) die Ansicht verteidigt, daß bei ihnen der gesamte Protoplast aus einer Substanz besteht, die dem Centralteil der *Cyanophyceen*-Zellen und somit dem Zellkern entspricht. Nur bei einigen mittelgroßen Formen, wie z. B. *Spirillum undula* sollen bereits Anfänge von einer Gliederung in Centralteil und Rindenschicht sichtbar sein, und zwar soll sich dann die Rindenschicht vorwiegend an den beiden Enden dieser Bakterien befinden. Der als Kern gedeutete Protoplast soll ferner in den meisten Fällen eine deutliche Wabenstruktur erkennen lassen und häufig Chromatinkörner einschließen.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten auch Frenzel (I u. II) und Zettnow (I). Nach den Beobachtungen des erstgenannten Autors soll der Entstehung der Sporen die Ausbildung einer der späteren Spore gleichgestalteten und ebenfalls wabenartig gebauten Plasmadifferenzierung innerhalb des Centralkörpers vorausgehen.

A. Fischer (IV u. V) suchte dagegen den Nachweis zu liefern, daß eine Differenzierung in Centralteil und Rindenschicht bei den

Bakterien nicht vorkommt und daß die von den oben genannten Autoren beobachteten Erscheinungen lediglich auf die durch die Präparation hervorgerufene Plasmolyse zurückzuführen seien. Diese Annahme scheint mir denn auch z. B. bei den von ZETTNOW (I) beschriebenen Präparaten, bei denen die LÖFFLER'sche Methode der Geißelfärbung zur Anwendung kam, nicht unberechtigt. Gegen die allgemeine Giltigkeit derselben wurden aber neuerdings von BÜTSCHLI (VI, 57) so gewichtige Gründe angeführt, daß es mir nicht berechtigt erscheint, ganz allgemein die Präexistenz der von diesem Autor beschriebenen Erscheinungen in Abrede zu stellen. Die von BÜTSCHLI als Belege angeführten Photographien dürften allerdings auch in diesem Falle ebenso gut das Gegenteil von dem beweisen können, was sie beweisen sollen.

Zu ähnlichem Resultate wie BÜTSCHLI ist denn auch WAHRLICH (I u. II) durch mikrochemische Untersuchung der Bakterienzellen gelangt. Nach dieser sollen die Bakterien nur Linin und Chromatin enthalten und somit der gesamte Plasmakörper aus Kernsubstanz bestehen. Da sich aber WAHRLICH bei seinen Untersuchungen fast ausschließlich der SCHWARZ'schen Reaktionen bedient zu haben scheint, so dürfte nach dem S. 28—31 über dieselben Gesagten der Wert dieser Untersuchungen etwas fragwürdig erscheinen.

Eine den höheren Gewächsen entsprechende Differenzierung in Kern und Cytoplasma wird dagegen von SJOEBRING (I) angenommen. Dieser beobachtete meistens innerhalb des „Kernes" mehrere, gewöhnlich peripher gelagerte, stark färbbare Körnchen. Außerdem sollen auch stellenweise Spuren von karyokinetischen Figuren sichtbar sein. Die beigegebenen Zeichnungen zeigen aber mit typischen Kernteilungsfiguren wenig Aehnlichkeit. Auch ist nach der kurzen Mitteilung keineswegs ausgeschlossen, daß die beobachteten Erscheinungen in erster Linie auf Kunstprodukte zurückzuführen sind.

Auf der anderen Seite wurden aber auch die von verschiedenen Autoren innerhalb einzelner Bakterien beobachteten körnigen Einschlüsse mit mehr oder weniger großer Entschiedenheit teils als Kerne, teils als die ersten phylogenetischen Entwickelungsstadien derselben gedeutet. In manchen dieser Fälle handelt es sich nun wohl um Körper, die mit den Chromatinkörpern der Cyanophyceen zusammengehören, in anderen sind auch wohl sicher durch die Präparation hervorgerufene Kunstprodukte als präexistierende Strukturen aufgefaßt. Da es mir aber bisher nicht möglich war, die betreffenden Angaben durch eigene Untersuchungen zu prüfen, muß ich mich auf eine kurze Zusammenstellung der betreffenden Angaben beschränken.

Nach den Beobachtungen von BABES (I) sollen sich bei verschiedenen *Bacillen* stärker färbbare Körper finden, die in diesen aneinander gereihte Querscheiben bilden. Aehnliche Beobachtungen wurden auch von PROTOPOPOFF (I) gemacht.

Von ERNST wurden in den Zellen verschiedener *Bakterien* kleine Körper nachgewiesen, die namentlich durch ihr Verhalten gegen eine Anzahl von Tinktionsmitteln charakterisiert sind und hauptsächlich bei kümmerlichem Wachstum und vor der Sporenbildung auftraten. Die Sporen sollen durch direkte Metamorphose dieser Körper, die deswegen auch die Bezeichnung „sporogene Körper" erhalten haben, entstehen. Daß dieselben zu den Kernen der höheren Gewächse in irgend

einer Beziehung stehen sollten, dürfte wohl nach dem ganzen morphoogischen Verhalten derselben zum mindesten zweifelhaft erscheinen.

Sehr eigenartige körnige Strukturen beobachteten TRAMBUSTI & GALEOTTI (I) innerhalb eines langgestreckten *Bacillus*. Dieselben sollen hier einen regelmäßigen periodischen Wechsel zeigen, der von den genannten Autoren mit der Kernteilung der höheren Organismen verglichen wird, obwohl die morphologische Aehnlichkeit zwischen diesen beiden Prozessen jedenfalls nur eine äußerst geringe ist.

Bei einem nicht näher bestimmten *Bacillus* beobachtete WAGER (I) einen aus zwei durch Fuchsin stark tingierbaren Stäbchen bestehenden Körper, der als Kern gedeutet wird. Jeder Zellteilung ging eine Teilung desselben voraus. Vor der Sporenbildung wurde er dagegen aufgelöst oder war wenigstens nicht mehr nachweisbar.

ILKEWICZ (I) beobachtete bei Anwendung einer bestimmten Färbung in den *Milzbrandbacillen* ovale, helle Räume, die er als Sporen bezeichnet. In diesen vermeintlichen Sporen fand er ferner meist einen oder zwei dunkle Punkte, die die Kerne der Sporen darstellen sollen. Die Sporen mit zwei Kernen sollen vor der Teilung stehen. Außerdem redet ILKEWICZ übrigens auch von Dauersporen. Es scheint mir unzweifelhaft, daß die Sporen des genannten Autors in Wirklichkeit gar keine Sporen waren, eine Ansicht, die übrigens auch von BÜTSCHLI (VI, 66) vertreten wird. Derselbe hält die Sporen für Wabenräume, die Kerne derselben aber für eine durch falsche Einstellung bewirkte optische Täuschung.

Auf ähnliche Ursachen führt BÜTSCHLI die Angaben von SCHOTTELIUS (I) zurück, nach denen bei allen *Bakterien* axial oder central gelegene Körper von abweichender Lichtbrechung vorhanden sein sollen, die als Kerne bezeichnet werden.

MIGULA (II) beobachtete in den älteren Zellen von *Bacillus oxalaticus* stark tinktionsfähige Körnchen, die mit dem Chromatin der typischen Kerne insofern übereinstimmen, als sie durch Trypsin bis auf einen winzigen Rest verdaut, von Pepsin aber nicht angegriffen werden. In 10-proz. Kochsalzlösung verschwanden dieselben langsam. In den jüngsten, direkt aus der Spore entstandenen Bacillen konnte MIGULA diese Körnchen nicht beobachten. MIGULA (III, 4) vertritt denn auch in allerneuester Zeit die Ansicht, daß den echten Bakterien Kerne fehlen, daß aber die stark lichtbrechenden Körnchen, die namentlich dann im Plasma derselben auftreten, wenn sie sich auf der Höhe der Vegetation befinden, vielleicht als rudimentäre Anfänge von Zellkernen aufzufassen sind. Gegen die Ansicht von BÜTSCHLI führt er namentlich an, daß die Bakterien plasmolysiert werden können. Demgegenüber ist jedoch zu bemerken, daß auch die echten Kerne der höheren Gewächse je nach der Konzentration der umgebenden Flüssigkeit ein verschiedenes Volumen besitzen.

Literaturverzeichnis.

Acqua, C., I. Contribuzione alla conoscenza della cellula vegetale. (Malpighia. 1891. Vol. 5. p. 3.)

Altmann, R., I. Ueber Kernstrukturen und Netzstrukturen. (Archiv f. Anat. u. Physiologie. Anat. Abteil. 1892. p. 222.)

II. Ueber Nucleïnsäuren. (Ib. Physiol. Abteil. 1889. p. 524.)

Amthor, C., I. Ueber das Nucleïn der Weinkerne. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1885. Bd. 9. p. 138.)

Artari, A., I. Zur Entwickelungsgeschichte des Wassernetzes. (Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou. 1890. No. 2.)

Askenasy, E., I. Ueber die Entwickelung von *Pediastrum*. (Berichte d. Deutsch. botan. Gesellsch. 1888. p. 127.)

Auerbach, L., I. Ueber einen sexuellen Gegensatz in der Chromatophilie der Keimsubstanzen nebst Bemerkungen zum Bau der Eier und Ovarien niederer Wirbeltiere. (Sitzungsber. d. Kgl. preuß. Akademie d. Wissensch. zu Berlin. 1891. p. 713.)

II. Ueber zweierlei chromatophile Kernsubstanzen. (Ibid. 1890. p. 735.)

Babes, V., I. Ueber isoliert färbbare Anteile von Bakterien. (Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 5. p. 173.)

Baccarini, J., I. Sui cristalloidi fiorali di alcune Leguminose. (Boll. d. Soc. bot. ital. 1895. p. 139.)

II. Berichtigung. (Botan. Centralbl. 1896. Bd. 66. p. 76.)

Baginsky, A., I. Ueber das Vorkommen von Xanthin, Guanin und Hypoxanthin. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1884. Bd. 8. p. 395.)

Balbiani, I. Sur les régénérations successives du péristome etc. chez les Stentors et sur le rôle du noyau dans ce phénomène. (Zoolog. Anz. 1891. No. 372.)

II. Recherches expérimentales sur la mérotomie des Infusoires ciliés. Contribution à l'étude du rôle physiologique du noyau cellulaire. (Rec. zoolog. Suisse. 1888. T. 5.)

III. Sur la structure du noyau des cellules salivaires chez les larves de Chironomus. (Zoolog. Anz. 1881. p. 637.)

Bambeke, C. van, I. État actuel de nos connaissances sur la structure du noyau cellulaire à l'état de repos. (Annal. de la Soc. de méd. de Gand. 1885.)

Baranetzky, I. Die Kernteilung in den Pollenmutterzellen einiger Tradescantien. (Botan. Zeitg. 1880. p. 241.)

Baum, H., I. Zur Lehre von der Struktur und Physiologie der Leberzellen. (Ber. üb. d. Veterinärwesen i. Königr. Sachsen f. d. J. 1884. Bd. 29.)

Baumstark, F., I. Ueber eine neue Methode, das Gehirn chemisch zu erforschen, und deren bisherige Ergebnisse. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1885. Bd. 9. p. 145.)

Behrens, J., I. Einige Beobachtungen über die Entwickelung des Oogons und der Oosphäre von *Vaucheria*. (Ber. d. Deutsch. botan. Gesellsch. 1890. p. 314.)

II. Beitrag zur Kenntnis der Befruchtungsvorgänge bei *Fucus vesiculosus*. (Ibid. 1886. p. 92.)

Behrens, W., I. Tabellen zum Gebrauch bei mikroskopischen Arbeiten. 2. Aufl. Braunschweig, 1892.

Belajeff, W., I. Zur Lehre von dem Pollenschlauche der *Gymnospermen.* (Ber. d. Deutsch. botan. Gesellsch. 1891. p. 280.)
II. Ueber Bau und Entwickelung der Spermatozoiden. (Ibid. 1889. p. 122.)
III. Ueber den Bau und die Entwickelung der Antherozoiden. Heft I. *Characeen.* 1892. [Russisch.]
IV. Zur Lehre von dem Pollenschlauche der *Gymnospermen.* II. (Ber. d. Deutsch. botan. Gesellsch. 1893. p. 196.)
V. Zur Kenntnis der Karyokinese bei den Pflanzen. (Flora. 1894. Ergbd. p. 430.)
VI. Ueber Bau und Entwickelung der Spermatozoiden der Pflanzen. (Ibid. p. 1.)

Beneden, E. van, I. Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire. (Arch. d. biol. 1883. T. IV. p. 265.)

Beneden, E. van, & Neyt, A., I. Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitosique chez l'Ascaride mégalocéphale. (Bull. d. l'Acad. Roy. de Belgique. 1887. Sér. 3. T. 14. p. 215.)

Benson, M., I. Contributions of the Embryology of the Amentiferae I. (The Transact. of the Linnean Soc. of London. 1894. p. 409.)

Berthold, G., I. Zur Kenntnis der *Siphoneen* und *Bangiaceen.* (Mitteil. d. Zoolog. Station z. Neapel. Bd. 2. 1881. p. 72.)
II. Die geschlechtliche Fortpflanzung von *Dasycladus clavaeformis* Ag. (Nachr. v. d. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. z. Göttingen. 1880. p. 158.)
III. Studien über Protoplasmamechanik. Leipzig 1886.
IV. Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen. (Pringsheim's Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd. 13. p. 569.)

Bokay, A., I. Ueber die Verdaulichkeit des Nucleïns und Lecithins. (Zeitschr. f. physiol. Chem. 1877. Bd. 1. p. 157.)

Born, G., Ueber den Einfluß der Schwere auf das Froschei (Arch. f. mikrosk. Anat. 1885. Bd. 24. p. 475.)

Borzì, A., I. *Botrydiopsis* nuovo genere di alghe verdi. (Bollettino della Società Italiana di microscopisti. Vol. 1. p. 60.)
II. Sui cristalloidi nucleari di „Convolvulus". (Contrib. alla biol. e fis. veg. di A. Borzì. 1894. Vol. 1.)

Boveri, I. Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften. (Ber. d. Gesellsch. f. Morphol. u. Physiol. z. München. 1889.)
II. Zellenstudien. Heft 2. Jena 1888.
III. Zellenstudien. (Jenaische Zeitschr. f. Naturwissensch. 1887. Bd. 21. p. 423.)

Braem, F., I. Ueber den Einfluß des Druckes auf die Zellteilung und über die Bedeutung dieses Einflussus für die normale Eifurchung. (Biolog. Centralbl. 1894. p. 340.)

Brandt, A., I. Ueber aktive Formveränderungen des Kernkörperchens. (Arch. f. mikrosk. Anat. 1874. Bd. 10. p. 505.)

Brandt, K., I. Ueber *Actinosphaerium Eichhornii.* (Inaug.-Dissert. von Halle. 1877.)
II. Färbung lebender einzelliger Organismen. (Biolog Centralbl. 1881. Bd. 1. p. 202.)

Brass, A., I. Biologische Studien. Die Organisation der tierischen Zelle. Halle, 1883.

Brauer, A., I. Zur Kenntnis der Spermatogenese von Ascaris megalocephala. (Arch. f. mikrosk. Anat. 1893. Bd. 42.)

Braun, A., I. Ueber Polyembryonie und Keimung von *Caelebogyne.* (Abhandl. d. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1859. p. 109.)

Brown, R., I. Observations on the Organs and Mode of Fecundation in *Orchideae* and *Asclepiadeae.* London 1831.

Bruhns, G., I. Ueber Adenin und Hypoxanthin. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1890. Bd. 14. p. 533.)

Bruhns, G., & Kossel, A., I. Ueber Adenin und Hypoxanthin. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1892. Bd. 16. p. 1.)

Buchtien, I. Entwickelungsgeschichte des Prothalliums von *Equisetum.* (Bibliotheca botanica. 1887. Bd. 2. Heft 8.)

Büsgen, I. Die Entwickelung der *Phycomyceten*-Sporangien. (Pringsheim's Jahrb. Bd. 13. p. 253.)

Bütschli, O., I. Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig 1892.
II. Ueber den Bau der Bakterien und verwandter Organismen. Leipzig 1890.
III. Protozoa. Bd. I von Bronn, Klassen und Ordnungen des Tierreiches. (Leipzig-Heidelberg.)

Bütschli, O., IV. Ueber die sogenannten Centralkörper der Zelle und ihre Bedeutung. (Verhandl. d. Naturhistor.-Mediz. Vereins zu Heidelberg. Neue Folge. Bd. 4. Heft 5.)
V. Ueber die künstliche Nachahmung der karyokinetischen Figur. (Ibid. Bd. 5. 1893. p. 28.)
VI. Weitere Untersuchungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Leipzig 1896.
Büttner, R., I. Ueber Gerbsäure-Reaktionen in der lebenden Pflanzenzelle. Inaug.-Dissertation. Erlangen 1890.
Bunge, G., I. Ueber die Assimilation des Eisens. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1885. Bd. 9. p. 49.)
Buscalioni, L., I. Sulla framentazione nucleare seguita dalla divisione della cellula. (Giornale della Reale Accad. di med. 1892. Torino.)
II. Il *Saccharomyces guttulatus* Rob. (Malpighia. 1896.)
Calvert, A., I. The laticiferous Tissue in the Stem of *Hevea Brasiliensis*. (Ann. of Botany. 1887. Vol. 1. p. 75.)
Calvert, A., & Boodle, L. A., I. On laticiferous Tissue in the Pith of *Manihot Glaziovii* and on the Presence of Nuclei in this Tissue. (Annals of Botany. 1887. Vol. 1. p. 55.)
Campbell, D. H., I. Zur Entwickelungsgeschichte der Spermatozoiden. (Ber. d. Deutsch. botan. Gesellsch. 1887.)
II. Einige Notizen über die Keimung von *Marsilia aegyptiaca*. (Ib. 1888.)
III. Contributions to the Live History of *Isoëtes*. (Annals of Botany. Bd. 5. p. 231.)
IV. On the Prothallium and Embryo of *Marsilia vestita*. (Proceedings Cal. Academy Science. Ser. 2. Vol. 3. 1892. p. 191.)
V. Development of *Pilularia globulifera* L. (Annals of Botany. 1888. Vol. 2. p. 233.)
VI. On the Prothallium and Embryo of *Osmunda claytonia* L. and *O. cinnamomea* L. (Ib. 1892. Vol. 6. p. 49.)
VII. The Staining of living Nuclei. (Untersuch. a. d. botan. Instit. z. Tübingen. Bd. 2. p. 569.)
Carnoy, J. B., I. La biologie cellulaire. Lierre, 1884.
II. Appendice sur les globules polaires de *l'Ascaris clavata*. (La Cellule. T. 3. p. 247.)
Cavara, F., I. Contributo alla morfologia ed allo sviluppo degli idioblasti delle Camelliee. (Atti dell' Istituto Botanico di Pavia. Ser. II. Vol. 4.)
Celakovsky, L., I. Ueber die Aufnahme lebender und toter verdaulicher Körper in die Plasmodien der Myxomyceten. (Flora. 1892. p. 182.)
Chabry, M. L., I. Production expérimentale de la ségmentation cellulaire bornée au noyau. (Comptes rendus hebd. d. séances et Mém. d. l. Soc. d. biologie. 1888. T. 5. Sér. 8. p. 589.)
Chamberlain, C. J., I. The embryo-sac of *Aster Novae-Angliae*. (The Botanical Gazette. 1895. p. 205.)
Chauveaud, G., I. Sur la fécondation dans les cas de polyembryonie. (Comptes rendus. 1892. T. 114. p. 504.)
Chittenden, I. Neuere physiologisch-chemische Untersuchungen über die Zelle. (Biolog. Centralbl. 1894.)
Chmielewsky, W., I. Zur Frage über die Kopulation der Kerne beim Geschlechtsprozeß der Pilze. (Arbeiten d. neuruss. Naturforscher-Gesellsch. Bd. 13. p. 113. Odessa 1888.)
II. Materialien zur Morphologie und Physiologie des Geschlechtsprozesses bei Thallophyten. [Russisch.] Charkow 1890. (Ref.: Botan. Centralbl. Bd. 50. p. 264.)
Chodat & Malinesco, I. La structure cellulaire des *Cyanophycées*. (Archiv. des sciences phys. et nat. Sér. 3. T. 29. Genève 1893. p. 108.)
Cunningham, D. D., I. On an entophytic alga occurring in the leaves of *Limnanthemum indicum*. (Scientific Memoirs by medical officers of the army of India. 1887. Part III.)
Dangeard, P. A., I. Étude du noyau dans quelques groupes inférieures de végétaux. (Le Botaniste. 1889. p. 208.)
II. Contribution à l'étude des organismes inférieurs. (Ib. Sér. II. 1890. p. 1.)
III. Recherches histologiques sur les Champignons. (Ib. p. 63.)
IV. Les noyaux d'une *Cyanophycée*. (Le Botaniste. Sér. III. p. 28.)
V. Recherches sur les algues inférieures. (Annales des sciences naturelles. Botanique. Sér. VII. T. 7. p. 104.)

Dangeard, VI. Observations sur le groupe des Bactéries vertes. (Le Botaniste. Sér. IV. p. 1.)
VII. La reproduction sexuelle de *l'Entyloma Glaucii*. (Ib. p. 12.)
VIII. Recherches sur la structure des Lichens. (Ib. p. 18.)
IX. La reproduction sexuelle des Ascomycètes. (Ib. p. 21.)
X. Sur la structure des Levures et leur développement. (Ib. Sér. III. p. 282.)
XI. Mémoire sur la reproduction sexuelle des Basidiomycètes. (Ib. Sér. IV. p. 119.)
XII. Mémoire sur les parasites du noyau et le protoplasma. (Ib. 1896. Sér. IV. p. 199.)
Dangeard, P. A., & Léger, M., I. Recherches sur la structure des Mucorinées. (Ib. p. 4.)
Dangeard, P. A., & Sapin-Trouffy, I. Une pseudo-fécondation chez les *Urédinées*. (Comptes rendus. T. 116. p. 267.)
Davis, B. M., I. The Fertilisation of Batrachospermum. (Annals of Bontany. 1896. Bd. 10. p. 49.)
Degagny, Ch., I. Sur la morphologie du noyau cellulaire chez les *Spirogyras* et sur les phénomènes particuliers qui en résultent chez ces plantes. (Comptes rendus. 1893. T. 116. p. 535.)
II. Recherches sur la division du noyau cellulaire chez les végétaux. (Bullet. d. l. Soc. bot. d. France. 1894. p. 588.)
III. Id. Teil II. (Ib. 1895. p. 319.)
Deinega, V., I. L'état présent de nos connaissances sur le contenu cellulaire des *Phycochromacées*. (Bullet. d. l. Soc. Impér. d. Natural. d. Moscou. 1891. No. 2.)
Demoor, J., I. Contribution à l'étude de la physiologie de la cellule. (Archives de Biologie. 1895. T. 13. p. 163.)
Dixon, H. H., I. The nuclei of *Lilium longiflorum*. (Annals of Botany. 1895. p. 663.)
II. Abnormal nuclei in the endosperm of *Fritillaria imperialis*. (Ib. p. 665.)
III. Fertilization of *Pinus silvestris*. (Ib. 1894. Vol. 8. p. 21.)
Dodel-Port, A., I. Biologische Fragmente. I. *Cystoseira barbata*, ein Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der *Fucaceen*. Kassel 1885.
II. Id. II. Die Exkretionen der sexuellen Plasmamassen vor und während der Befruchtung im Pflanzen- und Thierreiche. Kassel 1885.
III. Beiträge zur Erkenntnis der Befruchtungserscheinungen bei *Iris sibirica*. (Festschr. f. Naegeli u. Kölliker. Zürich 1891.)
Driesch, H., I. Ueber die Beziehungen des Lichtes zur ersten Etappe der tierischen Formbildung. (Zeitschr. f. wiss. Zoologie. 1892. Bd. 53. p. 178.)
II. Experimentelle Veränderung des Typus der Furchung und ihre Folge. (Ib. 1893. Bd. 55. p. 28.)
III. Ueber Variation der Mikromerenbildung. Wirkung von Verdünnung des Meerwassers. (Mitteil. d. Zool. Stat. zu Neapel. 1895. Bd. 11. p. 226.)
Drüner, L., I. Studien über den Mechanismus der Zellteilung. (Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1894. N. F. Bd. 22. p. 271.)
Eidam, I. *Basidiobolus*, eine neue Gattung der *Entomophthoraceen*. (Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pflanz. Bd. 4. p. 181.)
Eimer, Th., I. Ueber amöboide Bewegungen des Kernkörperchens. (Arch. f. mikrosk. Anat. 1875. Bd. 11. p. 325.)
Eisenschitz, S., I. Beiträge zur Morphologie der Sprosspilze. Inaug.-Diss. d. Univers. Bern. Wien 1895.
Ernst, P., I. Ueber Kern- und Sporenbildung bei Bakterien. (Zeitschr. f. Hyg. 1888. Bd. 5. p. 428.)
Errera, L., I. L'aimant agit-il sur le noyau en division? (Bullet. d. l. Soc. Royale de botanique de Belgique. T. 29. P. II. p. 17.)
II. Ueber Zellformen und Seifenblasen. (Botan. Centralbl. 1888. Bd. 34. p. 395.)
Ewald, A., & Kühne, W., I. Die Verdauung als histologische Methode. (Verhandl. d. Naturhist.-medizin. Vereins zu Heidelberg. 1877. N. F. Bd. 1. p. 451.)
Fairchild, D. G., I. Ein Beitrag zur Kenntnis der Kernteilung bei *Valonia utricularis*. (Ber. d. D. bot. Ges. 1894. p. 331.)
Farmer, B., I. On nuclear Division in the Pollen-Mother-Cells of *Lilium Martagon*. (Annals of Botany. 1893. Vol. 7. p. 393.)
II. On Spore-Formation and nuclear Division in the Hepaticae. (Ib. 1895. Vol. 9. p. 469.)
III. Ueber Kernteilung in Lilium-Antheren, besonders in Bezug auf die Centrosomen-Frage. (Flora. 1895. p. 56.)
IV. Studies in Hepaticae: On *Pallavicinia decipiens*. (Annals of Botany. 1894. Vol. 8. p. 35.)

Farmer, B., & Moore, J. E. S., I. On the essential Similarities existing between the heterotype nuclear Divisions in Animals and Plants. (Anat. Anz. 1895. p. 71.)
Farmer & Reeves, I. On the occurrence of centrospheres in *Pellia epiphylla.* (Annals of Botany. 1894. Vol. 8. p. 219.)
Fisch, I. Ueber das Verhalten der Zellkerne in fusionierenden Pilzzellen. (Tagebl. d. 58. Versamml. Deutsch. Naturf. u. Aerzte. 1885. p. 149.)
II. Ueber die Pilzgattung *Ascomyces.* (Botan. Zeitg. 1885. p. 33.)
Fischer, A., I. Untersuchungen über die Parasiten der *Saprolegnieen.* (Pringsheim's Jahrb. Bd. 13. p. 286.)
II. Neue Beiträge zur Kenntnis der Siebröhren. (Ber. d. math.-phys. Klasse d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. 1886.)
III. Zur Kenntnis der Embryosackentwickelung einiger Angiospermen. (Jen. Zeitschr. f. Naturw. 1880. Bd. 16.)
IV. Die Plasmolyse der Bakterien. (Ber. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. Mathem.-phys. Klasse. 1891. p. 52.)
V. Untersuchungen über Bakterien. (Jahrb. f. wiss. Botan. 1894. Bd. 27. p. 1.)
Flemming, W., I. Zellsubstanz, Kern und Zellteilung. Leipzig 1882.
II. Ueber Unsichtbarkeit lebendiger Kernstrukturen. (Anat. Anz. 1892. p. 758.)
III. Ueber Zellteilung. (Verhandl. d. Anat. Ges. auf d. V. Versamml. zu München. 1891. p. 125.)
IV. Attraktionssphären und Centralkörper in Gewebszellen und Wanderzellen. (Anat. Anz. 1891. No. 3.)
V. Bericht über die Fortschritte der Zellenlehre im Jahre 1891 in: Merkel und Bonnet's Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte. II. Abschnitt. p. 43. Wiesbaden 1892.
VI. Neue Beiträge zur Kenntnis der Zelle. I. (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 29. p. 389.)
VII. Id. II. Teil. (Ib. 1891. Bd. 37. p. 685.)
VIII. Mitteilungen zur Färbetechnik. (Zeitschr. f. wiss. Mikr. Bd. 1. p. 349.)
IX. Zur Mechanik der Zellteilung. (Arch. f. mikr. Anat. 1895. Bd. 46. p. 696.)
Förster, F., I. Ueber eine merkwürdige Erscheinung bei *Chromatium Okenii.* (Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenk. 1892. Bd. 11. p. 257.)
Franzé, R., I. Ueber die feinere Struktur der Spermatozoen von *Chara fragilis.* (Botan. Centralbl. 1893. Bd. 53. p. 273.)
II. Beiträge zur Morphologie des Scenedesmus. (Természetrajzi Füzetek d. ungar. Nationalmuseums. 1892. Heft 3.)
Frenzel, I. Der Zellkern und die Bakterienspore. (Biolog. Centralbl. 1891.)
II. Ueber den Bau und die Sporenbildung grüner Kaulquappenbacillen. (Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1892. Bd. 11.)
Frommann, C., I. Beobachtungen über Struktur und Bewegungserscheinungen des Protoplasmas der Pflanzenzellen. Jena 1880.

Geoghegan, E. G., I. Ueber die anorganischen Gehirnsalze, nebst einer Bestimmung des Nucleïns im Gehirn. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1877. B. 1. p. 330.)
Gerassimoff, J., I. Ueber die kernlosen Zellen bei einigen Conjugaten. (Bullet. d. l. Soc. Imp. d. Nat. d. Moscou. 1892. p. 109.)
Gilson, G., I. On the affinity of nuclein for iron and other substances. (Report of the British Associat. for the Advancement of Sc. Edinburgh 1892. p. 778.)
Gjurasin, S., I. Ueber die Kernteilung in den Schläuchen von *Peziza vesiculosa* Balliard. (Ber. d. D. botan. Ges. 1893. p. 113.)
Goroschankin, I. Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Systematik der *Chlamydomonaden.* I. *Chlamydomonas Braunii.* (Bullet. d. l. Soc. Impér. d. Natural. d. Moscou. 1890. No. 3.)
Gourlay, F., I. The proteïds of the thyroid and the spleen. (The Journal of Physiol. 1894. Vol. 16. p. 23.)
Gruber, A., I. Ueber die Einflußlosigkeit des Kernes auf die Bewegung, die Ernährung und das Wachstum einzelliger Tiere. (Biolog. Centralbl. Bd. 3. p. 581.)
II. Ueber künstliche Teilung bei Infusorien. I. (Ib. Bd. 4. p. 717.)
III. Id. II. (Ib. Bd. 5. p. 137.)
IV. Beiträge zur Kenntnis der Physiologie und Biologie der Protozoen. (Ber. d. Naturf.-Ges. zu Freiburg. 1886. Bd. 1.)
Guignard, L., I. Développement et constitution des *Anthérozoïdes.* (Revue générale de Botanique. Bd. 1. p. 11.)
II. Nouvelles études sur la fécondation. (Annales des sciences naturelles. Botanique. Sér. VII. T. 14. p. 163.)

Guignard, III. Observations sur le pollen des *Cycadées*. (Journal de botanique. 1889. p. 222.)
IV. Sur les *Anthérozoïdes* des *Marsiliacées* et des *Equisetacées*. (Bullet. d. l. Soc. botanique de France. 1889. T. 36. p. 378.)
V. L'origine des sphères directrices. (Journal de Botan. 1894.)
VI. Nouvelles recherches sur le noyau cellulaire. (Ann. d. sc. nat. Botan. Sér. VI. T. 20. p. 310.)
VII. Recherches sur la structure et la division du noyau cellulaire (Ib. T. 17. p. 5.)
VIII. Recherches sur le développement de l'anthère et du pollen des Orchidées. (Ib. T. 14. p. 26.)
IX. Recherches sur le sac embryonnaire des phanérogames angiospermes. (Ib. T. 13, p. 136.)
X. Sur les noyaux des cellules des tissus sécréteurs. (Bullet. d. l. Soc. bot. de France. 1881. T. 28. p. 332.)
XI. Recherches d'embryogénie végétale comparée. I. Légumineuses. (Annales d. sc. nat. 1881. Sér. VI. T. 12. p. 1.)
Haberlandt, G., I. Ueber die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkernes bei den Pflanzen. Jena 1887.
II. Ueber Einkapselung des Protoplasmas mit Rücksicht auf die Funktion des Zellkerns. (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Wien. 1889. Bd. 98. Abt. I. p. 190.)
Häcker, V., I. Ueber generative und embryonale Mitosen. (Arch. f. mikr. Anat. 1894. Bd. 43.)
II. Die heterotypische Kernteilung im Cyclus der generativen Zellen. (Ber. d. Naturf.-Ges. Freiburg. 1892. Vol. 6.)
III. Das Keimbläschen, seine Elemente und Lageveränderungen. (Archiv f. mikr. Ant. 1893. Bd. 41.)
IV. The reduction of the chromosomes in the sexual cells as described by botanists. (Annals of Botany. 1895. Vol. 9. p. 95.)
Hallas, E., I. Om en ny *Zygnema*-Art med Azygosporer. (Botanisk Tidsskrift. Bd. 20. 1895. p. 1.)
Halsted, B. D., I. Three nuclei in pollen grains. (Botan. Gazette. Vol. 12. 1887. p. 285.)
Hammarsten, O., I. Zur Kenntnis der Nucleoproteïde. (Zeitschr. f. physiolog. Chemie. 1894. Bd. 19. p. 19.)
Hansen, I. Recherches sur la physiologie et la morphologie des ferments alcooliques. (Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet. Bd. 2. Heft 4. p. 152.)
II. Sur la germination des spores chez les *Saccharomyces*. (Compte rendu des travaux du Laboratoire de Carlsberg. Vol. 3. Livr. 1.)
Hansgirg, I. Ein Beitrag zur Kenntnis von der Verbreitung der Chromatophoren und Zellkerne bei den *Schizophyceen*. (Ber. d. D. botan. Ges. 1885. p. 14.)
Hanstein, J. v., I. Einige Züge aus der Biologie des Protoplasmas. (Botan. Abhandl., hrsgeg. von J. v. Hanstein. 1880. Bd. 4. Heft 2.)
Harper, R. A., I. Beitrag zur Kenntnis der Kernteilung und Sporenbildung im Ascus. (Ber. d. D. botan. Ges. 1895. p. [67].)
II. Die Entwickelung des Peritheciums bei *Sphaerotheca Castagnei*. (Ib. 1896. p. 473.)
Hartog, M., I. Recherches sur la structure des *Saprolegniées*. (Comptes rendus. 1889. T. 108. p. 687.)
II. The cytology of *Saprolegnia*. (Annals of Botany. 1896. p. 98.)
Hauptfleisch, O., I. Untersuchungen über die Strömung des Protoplasmas in behäuteten Zellen. (Pringsheim's Jahrb. Bd. 24. p. 173.)
II. *Astreptonema longispora* n. g. n. sp., eine neue *Saprolegniacee*. (Ber. d. D. bot. Ges. 1895. p. 83.)
Hegelmaier, F., I. Vergleichende Untersuchungen über Entwickelung dicotyledoner Keime. Stuttgart 1878.
II. Ueber aus mehrkernigen Zellen aufgebaute Dicotyledonen-Keimträger. (Botan. Zeitg. 1880. p. 497.)
Heidenhain, M., I. Ueber Kern und Protoplasma. (Festschr., A. v. Kölliker zur Feier seines 50-jähr. medizin. Doktorjubiläums gewidmet von d. Anat. Instit. der Univers. Würzburg. Leipzig 1892. p. 109.)
II. Cytomechanische Studien. (Arch. f. Entwickelungsmechanik. 1895. Bd. 1. p. 473.)
Heine, L., I. Die Mikrochemie der Mitose, zugleich eine Kritik mikrochemischer Methoden. (Zeitschr. f. phys. Chemie. 1896. Bd. 21. p. 494.)

Heinricher, E., I. Zur Kenntnis der Algengattung *Sphaeroplea*. (Ber. d. D. botan. Ges. 1883. p. 433.)

II. Biologische Studien an der Gattung *Lathraea*. (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturwiss. Klasse. Bd. 101. Abt. I. 1892. p. 423.)

III. Beeinflußt das Licht die Organanlage am Farnembryo? (Mitteil. a. d. botan. Instit. zu Graz. 1888. p. 239.)

Henking, H., I. Künstliche Nachbildung von Kernteilungsfiguren. (Arch. f. mikr. Anat. 1893. Bd. 41. p. 28.)

Henneguy, L. F., I. Nouvelles recherches sur la division cellulaire indirecte. (Journal de l'anatomie et de la physiologie. 1891. T. 27. p. 397.)

Hermann, F., I. Beiträge zur Histologie des Hodens. (Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 34. p. 58.)

II. Beiträge zur Lehre von der Entstehung der karyokinetischen Spindel. (Ib. Bd. 37. p. 569.)

Hertwig, O., I. Die Zelle und die Gewebe. Jena 1893.

II. Welchen Einfluß übt die Schwerkraft auf die Teilung der Zellen? (Jen. Zeitschr. f. Naturwiss. 1885. Bd. 18. p. 175.)

III. Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden. (Arch. f. mikrosk. Anat. 1890. Bd. 26. p. 1.)

IV. Experimentelle Studien am tierischen Ei vor, während und nach der Befruchtung. (Jen. Zeitschr. f. Naturwiss. 1890. Bd. 24. p. 268.)

V. Ueber pathologische Veränderung des Kernteilungsprozesses infolge experimenteller Eingriffe. (Internat. Beitr. z. wissensch. Medizin. Festschr. f. R. Virchow. 1891. Bd. 1. p. 197.)

Hertwig, O., & Hertwig, R., I. Ueber den Befruchtungs- und Teilungsvorgang des tierischen Eies unter dem Einfluß äußerer Agentien. (Jen. Zeitschr. f. Naturwiss. 1887. Bd. 20. p. 120.)

Hertwig, R., I. Ueber Befruchtung und Konjugation. (Verhandl. d. D. zoolog. Ges. 1892. p. 95.)

II. Ueber Centrosoma und Centralspindel. (Sitzungsber. d. Ges. f. Morphol. u. Physiol. in München. 1895. p. 41.)

Heuser, I. Beobachtungen über Zellkernteilung. (Botan. Centralbl. 1884. Bd. 17. p. 27.)

Hieronymus, G., I. Beiträge zur Morphologie und Biologie der Algen. (Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. Bd. 5. p. 461.)

II. Ueber die Organisation der Hefezellen. (Ber. d. D. botan. Ges. 1893. p. 176.)

III. Ueber die Organisation der *Phycochromaceen*-Zellen. Herrn Professor Dr. E. Zacharias zur Erwiderung. (Botan. Zeitg. 1893. Abt. I. p. 73.)

Hirase, S., I. Notes on the Attraction-Spheres in the Pollen-Cells of *Ginkgo biloba*. (The Botanical Magazine. 1894. Vol. 8. p. 359.)

II. Études sur la fécondation et l'embryogénie du *Ginkgo biloba*. (Journ. of the College of sc., I. Univ. Tokyo. 1895. Vol. 8.)

Hofer, B., I. Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Kernes auf das Protoplasma. (Jen. Zeitschr. f. Naturwiss. 1890. Bd. 24. N. F. Bd. 17. p. 105.)

Hofmeister, W., I. Ueber die Entwickelung des Pollens. (Botan. Zeitung. 1848. p. 649.)

Hoppe-Seyler, F., I. Physiologische Chemie. Berlin 1881.

II. Ueber den Eiter. (Medizin.-chem. Untersuch. 1871. Heft 4. p. 486.)

Huie, L. H., I. On some Proteïn Crystalloids etc. (La Cellule. T. 11. p. 83.)

Humphrey, J. E., I. The *Saprolegniaceae* of the United States, with Notes on other species. (Transactions of the American Philos. Society. Vol. 17. P. 3. p. 63.)

II. Nukleolen und Centrosomen. (Ber. d. D. botan. Ges. 1894. p. 108.)

III. On some constituents of the cell. (Ann. of Botany. 1895. Vol. 9. p. 561.)

Jaccard, P., I. Recherches embryologiques sur *l'Ephedra helvetica* (Bull. Soc. Vaud. sc. nat. Vol. 30 u. Inaug.-Diss. Zürich. 1894.)

Jaksch, R. v., Ueber das Vorkommen von Nucleïn im Menschengehirn. (Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. 1876. p. 469.)

Janssens, Fr. A., I. Beiträge zu der Frage über den Kern der Hefezelle. (Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenk. 1893. Bd. 13. p. 639.)

Jeffrey, E. C., I. Polyembryony in *Erythronium americanum*. (Annals of Botany. 1895. Vol. 9. p. 537.)

Jelinek, O., I. Eine Methode zur leichten und schnellen Entfernung der Pikrinsäure aus den Geweben. (Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. 1894. Bd. 11. p. 242.)

Ikeno, S., I. On the behaviour of the nuclei during the conjugation of *Zygnema*, (The Botan. Magazine. 1894. V. 8. No. 87.)

Ilkewicz, I. Ueber die Kerne der Milzbrandsporen. (Centralbl. f. Bakteriol. u. Parasitenk. 1894. Bd. 15. p. 261.)
Inoko, Y., I. Ueber die Verbreitung der Nucleïnbasen in den tierischen Organen. (Zeitschr. f. physiolog. Chemie. 1893. Bd. 18. p. 540.)
Jönsson, B., I. Polyembryoni hos *Trifolium pratense* L. (Bot. Notiser. 1883. p. 135.)
Joffé, R., I. Observations sur la fécondation des Bangiacées. (Bull. d. l. Soc. bot. d. Fr. 1896. p. 143.)
Johow, I. Ueber die Zellkerne von *Chara foetida*. (Botan. Zeitg. 1881. p. 729.)
II. Referat über: „Beitrag zur Entwickelungsgeschichte des pflanzlichen Zellkerns nach der Teilung" von Schwarz. (Botanische Zeitung. 1885. p. 543.)
III. Ueber die Zellkerne in den Sekretbehältern und Parenchymzellen der höheren *Monocotylen*. Inaug.-Diss. Bonn 1880.
Jonge, D. de, I. Ueber das Sekret der Talgdrüsen der Vögel. (Zeitschr. f. physiol. Chem. 1879. Bd. 3. p. 225.)
Jost, L., I. Zur Kenntnis der Blütenentwickelung der Mistel. (Botan. Zeitung. 1888. No. 23.)
II. Beiträge zur Kenntnis der *Coleochaeten*. (Ber. d. D. bot. Ges. 1895. p. 433.)
Istvánffi, G. v., I. Zur Kenntnis der *Ulothrix zonata*. [Ungarisch.] (Medic.-naturw. Mitteil. d. med.-nat. Abteil. d. siebenbürg. Museums-Vereins. 1888. p. 53. — Ref.: Botan. Centralbl. 1888. Bd. 35. p. 122.)
II. Ueber die Rolle der Zellkerne bei der Entwickelung der Pilze. (Ber. d. D. bot. Ges. 1895. p. 452.)
Istvánffi, G., & Johan-Olsen, O., I. Ueber die Milchsaftbehälter und verwandte Bildungen bei den höheren Pilzen. (Botan. Centralblatt. Bd. 29. p. 372.)
Juranyi, I. Ueber den Bau und die Entwickelung des Pollens bei *Ceratozamia longifolia*. (Pringsheim's Jahrbücher. 1872. Bd. 8. p. 382.)
II. Beiträge zur Kenntnis der Pollen-Entwickelung der *Cycadeen* und *Coniferen*. (Botan. Zeitung. 1882. p. 814.)
III. Neue Beiträge zur Kenntnis des Blütenstaubes der *Gymnospermen*. 1884. [Ungarisch.] (Ref.: Bot. Jahresber. 1884. Bd. 1. p. 587.)

Kaiser, O., I. Ueber Kernteilungen der *Characeen*. (Botan. Zeitg. 1896. p. 61.)
Kallen, I. Verhalten des Plasmakörpers von *Urtica urens*. (Flora. 1882. p. 65.)
Karsten, G., I. Beitrag zur Entwickelungsgeschichte einiger *Gnetum*-Arten. (Botan. Zeitung. 1892.)
II. Zur Entwickelungsgeschichte der Gattung *Gnetum*. (Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 1893. Bd. 6. p. 337.)
III. Ueber Beziehungen der Nukleolen zu den Centrosomen bei *Psilotum triquetrum*. (Ber. d. D. bot. Ges. 1893. p. 555.)
IV. Untersuchungen über *Diatomeen*. (Flora 1896. p. 286.)
Keiser, J., I. Beiträge zur Kenntnis der Anatomie, Histologie und Entwickelungsgeschichte der *Acanthocephalen*. (Biblioth. Zoolog. 1891. Heft. 7.)
Klebahn, I. Studien über *Zygoten*. I. (Pringsheim's Jahrb. Bd. 22. p. 415.)
II. Studien über *Zygoten*. II. (Ib. Bd. 24. p. 235.)
III. Ueber die Zygosporen einiger *Conjugaten*. (Ber. d. D. botan. Ges. 1888. p. 160.)
IV. Beobachtungen über *Pleurocladia lacustris*. (Ib. 1895. p. 93.)
V. Ueber das Verhalten der Zellkerne bei der Auxosporenbildung von *Epithemia*. (Botan. Centralbl. 1895. Bd. 64. p. 112.)
VI. Beiträge zur Kenntnis der Auxosporenbildung. *Rhopalodia gibba*. (Jahrb. f. w. Botan. 1896. Bd. 29.)
Klebs, S., I. Ueber die Bildung der Fortpflanzungszellen bei *Hydrodictyon utriculatum* Roth. (Bot. Ztg. 1891. p. 789.)
II. Ueber den Einfluß des Kernes in der Zelle. (Biolog. Centralblatt. 1887. Bd. 7. p. 161.)
III. Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. (Untersuch. aus dem botan. Institut in Tübingen. Bd. 2. p. 489.)
Klein, J., I. Die Zellkern-Krystalloide von *Pinguicula* und *Utricularia*. (Pringsheim's Jahrb. Bd. 13. p. 60.)
Klinkenberg, W., I. Ueber den Gehalt verschiedener Futtermittel an Stickstoff in Form von Amiden, Eiweiß und Nucleïn. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1882. Bd. 6. p. 155.)
II. Ueber die Nucleïne. (Ib. p. 566.)
Köppen, O. W., I. Ueber das Verhalten des Zellkernes im ruhenden Samen. Inaug.-Diss. von Leipzig. Jena 1887.

Kolossow, A., I. Ueber eine neue Methode der Bearbeitung der Gewebe mit Osmiumsäure. (Zeitschr. f. w. Mikrosk. 1892. Bd. 9. p. 38.)
Koorders, S. H., I. Morphologische und physiologische Embryologie von *Tectona grandis*. (Engler's Botan. Jahrb. 1896. Bd. 21. p. 458.)
Korschelt, I. Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkerns. (Zoolog. Jahrb. Abteilung für Anatomie. 1889. Bd. 4. p. 1.)
II. Ueber die Bedeutung des Kernes für die tierische Zelle. (Naturwiss. Rundschau. 1887. p. 409.)
Koslowsky, W., I. Materialien zur Algenflora Sibiriens. (Arbeiten der Kiewer Naturforscher-Gesellschaft. Bd. 9. p. 395. 1888. [Russisch.] Ref.: Bot. Centralbl. Bd. 40. p. 40.)
Kossel, A., I. Zur Chemie des Zellkernes. (Zeitsch. für physiol. Chemie. Bd. 7. p. 7.)
II. Ueber die chemische Zusammensetzung der Zelle. (Archiv f. Anat. u. Physiol. 1891. Physiol. Abt. p. 181.)
III. Ueber die Nucleïne. (Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1889. p. 417.)
IV. Ueber das Nucleïn der Hefe. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1879. Bd. 3. p. 284.)
V. Id. Teil II. (Ib. 1880. Bd. 4. p. 290.)
VI. Ueber die Herkunft des Hypoxanthins in den Organismen. (Ib. 1881. Bd. 5. p. 152.)
VII. Ueber die Verbreitung des Hypoxanthins im Tier- und Pflanzenreich. (Ib. p. 267.)
VIII. Ueber Xanthin und Hypoxanthin. I. (Ib. 1882. Bd. 6. p. 422.)
IX. Ueber Guanin. (Ib. 1884. Bd. 8. p. 404.)
X. Weitere Beiträge zur Chemie des Zellkerns. (Ib. 1886. Bd. 10. p. 248.)
XI. Weitere Beiträge zur Kenntnis der Nucleïnsäure. (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1894. Physiol. Abt. p. 194.)
XII. Ueber das Adenin. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1888. Bd. 12. p. 241.)
XIII. Ueber die Nucleïnsäure. (Archiv f. Anat. u. Physiol. 1893. Physiol. Abt. p. 157.)
Kossel, A., & Neumann, A., I. Ueber das Thymin, ein Spaltungsprodukt der Nucleïnsäure. (Ber. d. D. chem. Gesellsch. 1893. Bd. 26. p. 2753.)
II. Darstellung und Spaltungsprodukte der Nucleïnsäure (Adenylsäure). (Ib. 1894. Bd. 27. p. 2215.)
Krasser, Fr., I. Ueber die Struktur des ruhenden Zellkernes. (Sitzungsberichte der K. Akad. der Wiss. zu Wien. Math.-naturw. Klasse. 1892. Bd. 101. Abt. I. p. 560.)
II. Ueber das angebliche Vorkommen eines Zellkernes in den Hefezellen. (Oesterr. botan. Zeitschr. 1885. No. 11.)
III. Ueber den „Zellkern" der Hefe. (Ib. 1893. p. 14.)
Kronecker, F., I. Ueber die Verbreitung des Adenins in den tierischen Organen. (Virchow's Archiv f. pathol. Anat. etc. 1887. Bd. 107. p. 207.)
Krüger, M., I. Ueber Adenin. (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1891. Physiol. Abt. p. 546.)
II. Ueber die Konstitution des Adenins und Hypoxanthins. (Ib. 1893. p. 550.)
III. Zur Kenntnis des Adenins und Hypoxanthins. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1893. Bd. 18. p. 422.)
IV. Die Konstitution des Adenins und Hypoxanthins. (Ib. p. 458.)
V. Zur Kenntnis des Adenins. (Ib. 1892. Bd. 16. p. 160.)
VI. Id. 2. Mitteil. (Ib. p. 329.)

Landwehr, A., I. Ueber Mucin, Metalbumin und Paralbumin. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1883. Bd. 8. p. 114.)
Lauterborn, R., I. Ueber Bau und Kernteilung der *Diatomeen*. (Verhandl. d. Naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. 5. Heft 2.)
Lavdowsky, M., I. Von der Entstehung der chromatischen und achromatischen Substanzen in den tierischen und pflanzlichen Zellen. (Anatom. Hefte. 1894. Bd. 4. p. 355.)
Leclerc du Sablon, I. Sur la formation des Anthérozoïdes des Hépatiques. (Comptes rendus. 1888. p. 876.)
II. Sur les Anthérozoïdes du *Cheilanthes hirta*. (Bullet. de la Soc. botan. de France. 1888. p. 238.)
Lecomte, I. Contribution à l'étude du liber des Angiospermes. (Ann. des sc. nat. Bot. 1889. Sér. VII. T. 10. p. 193.)
Léger, M., I. Structure et développement de la zygospore du *Sporodinia grandis*. (Revue gén. de Botan. 1895. T. 7. p. 481.)

Lehmann, V., I. Ueber das Verhalten des Guanins, Xanthins und Hypoxanthins bei der Selbstgärung der Hefe. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1885. Bd. 9. p. 563.)
Leitgeb, I. Krystalloïde in Zellkernen. (Mitteil. d. botan. Inst. zu Graz. 1886. Bd. 1. p. 115.)
II. Zur Embryologie der Farne. (Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. Mathem.-naturwiss. Klasse. 1878. Bd. 77. Abt. 1. p. 222.)
III. Studien über die Entwickelung der Farne. (Ib. 1879. Bd. 80. I. p. 201.)
Liebermann, Leo, I. Ueber das Nucleïn der Hefe und künstliche Darstellung eines Nucleïns aus Eiweiß und Phosphorsäure. (Ber. d. D. chem. Ges. 1888. Bd. 21. p. 598.)
II. Ueber Nucleïne. (Centralbl. f. d. med. Wiss. 1889. p. 210 u. 497.)
III. Nachweis der Metaphosphorsäure im Nucleïn der Hefe. (Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. 1890. Bd. 47. p. 155.)
Lilienfeld, L., I. Ueber die Wahlverwandtschaft der Zellelemente zu gewissen Farbstoffen. (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1893. Physiol. Abt. p. 391.)
II. Ueber die Farbenreaktion des Mucins. (Ib. p. 554.)
III. Ueber Blutgerinnung. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1895. Bd. 20. p. 89.)
IV. Zur Chemie der Leukocyten. (Ib. 1893. Bd. 18. p. 473.)
Lilienfeld, L. & Monti, A., I. Ueber die mikrochemische Lokalisation des Phosphors in den Geweben. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 17. p. 410.)
Loeb, J., I. Untersuchungen über die physiologische Wirkung des Sauerstoffmangels. (Arch. f. d. ges. Physiol. 1896. Bd. 62. p. 249.)
II. Experiments on cleavage. (Journal of Morphology. 1892. Vol. 7. p. 253.)
Loew, O., Ueber die physiologischen Funktionen der Calcium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus. (Flora. 1892. p. 369.)
Loewit, M., I. Ueber Neubildung und Beschaffenheit der weißen Blutkörperchen. (Beitr. zur pathol. Anat. und allgem. Pathol. von E. Ziegler. 1891. Bd. 10. p. 213.)
II. Die Anordnung und Neubildung von Leukoblasten und Erythroblasten in den Blutzellen bildenden Organen. (Arch. f. mikrosk. Anat. 1891. Bd. 38. p. 524.)
Lubawin, I. Nucleïn aus dem Caseïn der Kuhmilch. (Ber. d. D. chem. Ges. 1877. Bd. 10. p. 2237.)
II. Id. Fortsetzung. (Ib. 1879. Bd. 12. p. 1021.)
III. Ueber künstliche Pepsinverdauung des Caseïns. (Hoppe-Seyler, Medizin.-chem. Unters. 1871. Heft 4. p. 463.)
Macallum, A. B., I. On the demonstration of iron in chromatin by microchemical methods. (Proceedings of the Royal Society. London 1892. Vol. 50. p. 277.)
II. On the distribution of assimilated iron compounds, other than haemoglobin and haematins in animal and vegetable cells. (Quaterly Journal of microsc. sc. Vol. 38. Part 2. p. 175.)
Macfarlane, I. The structure and division of the vegetable cell. (Transactions of the Botan. Soc. of Edinburgh. 1881. Vol. 14. p. 192. Ref.: Bot. Centralbl. 1882. Bd. 9. p. 344.)
Malfatti, H., I. Zur Chemie des Zellkerns. (Bericht des Naturwiss.-mediz. Vereins zu Innsbruck. Jahrg. 20. 1891/92.)
II. Beiträge zur Kenntnis der Nucleïne. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1892. Bd. 16. p. 68.)
III. Bemerkung zu meinem Aufsatze: Beiträge zur Kenntnis der Nucleïne. (Ib. Bd. 17. p. 8.)
Mann, G., I. The embryo-sac of *Myosurus minimus* L. (Transact. and Proceed. of the Botan. Soc. of Edinburgh. 1892. Vol. 29. p. 351.)
Marx, F. A., I. Untersuchungen über die Zellen der *Oscillarien*. (Inaug.-Dissert.) München 1892.
Maupas, E., I. Sur la position systématique des *Volvocinées* etc. (Compt. rend. de l'acad. des sc. 1879. T. 88. p. 1274.)
II. Sur quelques protorganismes animaux et végétaux multinucléés. (Ib. 1879. T. 89. p. 250.)
III. Recherches expérimentales sur la multiplication des infusoires ciliés. (Arch. de zoologie expérimentale. 1888. Sér. II. T. 6.)
Mayer, P., I. Ueber das Färben mit Hämatoxylin. (Mitteil. a. d. Zool. Station zu Neapel. 1891. Bd. 10. p. 170.)
II. Ueber das Färben mit Karmin, Cochenille und Hämateïn-Thonerde. (Ib. 1892. Bd 10. p. 480.)
III. Ueber die in der Zoologischen Station zu Neapel gebräuchlichen Methoden zur mikroskopischen Untersuchung. (Ib. 1881. Bd. 2. p. 1.)

Merkel, I. Ueber die Macula lutea des Menschen. Leipzig 1870.
Metzner, R., I. Beiträge zur Granulalehre. (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1894. Physiol. Abt. p. 309.)
Meunier, A., I. Le nucléole des *Spirogyra.* (La Cellule. T. 3. p. 333.)
Meyer, A., I. Untersuchungen über die Stärkekörner. Jena 1895.
Miescher, F., I. Die Spermatozoen einiger Wirbeltiere. Ein Beitrag zur Histochemie. (Verhandl. der Naturf. Gesellsch. in Basel. 1878. Bd. 6. p. 138.)
II. Ueber den Eiter. (Hoppe-Seyler, Mediz.-chem. Unters. 1871. Heft 4. p. 441.)
III. Die Kerngebilde im Dotter des Hühnereies. (Ib. p. 502.)
Migula, W., I. Ueber den Einfluß stark verdünnter Säurelösungen auf Algenzellen. Inaug.-Diss. Breslau 1888.
II. Ueber den Zellinhalt von *Bacillus oxalaticus* Zopf. (Arb. d. bakteriol. Inst. d. Großh. Hochschule zu Karlsruhe. 1894. Bd. 1.)
III. *Schizomycetes.* (In Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenf. Teil. I. Abt. 1a. p. 2.)
Mitrophanow, P., I. Études sur l'organisation des Bactéries. (Journ. internat. d'anat. et de physiol. 1893. T. 10.)
Möbius, M., I. Beitrag zur Kenntnis der Algengattung *Pitophora.* (Ber. d. D. bot, Ges. 1895. p. 356.)
Möller, H., I. Ueber den Zellkern und die Sporen der Hefe. (Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenk. 1892. Bd. 12. p. 537.)
II. Neue Untersuchungen über den Zellkern und die Sporen der Hefen. (Ber. d. D. bot. Ges. 1893. p. 402.)
Mohl, H. v., I. Ueber die Entwickelung der Sporen von *Anthoceros laevis.* (Verm. Schriften. Tübingen 1846. p. 84.)
Moll, J. W., I. Observations on Karyokinesis in *Spirogyra.* (Verhandl. d. K. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam. Sect. II. D. I. 1893. No. 9.)
Moore, J. E. S., I. On the essential similarity of the process of chromosome reduction in animals and plants. (Annals of Botany. 1895. p. 431.)
Mottier, D. M., I. Contributions to the embryology of the *Ranunculaceae.* (The Botanical Gazette. 1895. p. 241.)
Müller, Carl, I. Kritische Untersuchungen über den Nachweis maskierten Eisens in der Pflanze und den angeblichen Eisengehalt des Kaliumhydroxyds. (Ber. d. D. bot. Ges. 1893. p. 252.)
Nadson, G., I. Ueber den Bau des *Cyanophyceen*-Protoplastes. (Scripta botanica. 1895. T. 4.)
Nawaschin, S., I. Neue Ergebnisse über die Embryologie der Hasel. (Botan. Centralbl. 1895. Bd. 63. p. 104.)
II. Ein neues Beispiel der Chalazogamie. (Ib. p. 353.)
III. Ueber die gemeine Birke und die morphologische Deutung der Chalazogamie. (Mém. d. l'Acad. d. sc. d. St. Pétersbourg. 1894. Sér. VII. T. 42. No. 12.)
Nowakowski, L., I. Beitrag zur Kenntnis der *Chytridiaceen.* (Cohn's Beiträge z. Biol. d. Pfl. 1877. Bd. 2. p. 73.)
Nußbaum, M., I. Ueber die Teilbarkeit der lebendigen Materie. I. Die spontane und künstliche Teilung der Infusorien. (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 26. p. 485.)
Ogata, M., I., Die Veränderungen der Pankreaszellen bei der Sekretion. (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1883. Physiol. Abt. p. 405.)
Oliver, F. W., I. On the structure, development and affinities of *Trapella,* a new genus of *Pedalineae.* (Annals of Botany. 1888. Vol. 2. p. 75.)
Olivier, I. Expériences sur l'accroissement des cellules et la multiplication des noyaux. (Bull. d. l. Soc. bot. de France. 1882. T. 29. p. 101.)
Oltmanns, Fr., I. Beiträge zur Kenntnis der *Fucaceen.* (Bibliotheca botanica. 1889. Heft 14.)
II. Ueber die Entwickelung der Sexualorgane bei *Vaucheria.* (Flora. 1895. p. 388.)
Overton, I. Beiträge zur Histologie und Physiologie der *Characeen.* (Bot. Centralbl. Bd. 44. p. 1.)
II. Ein Beitrag zur Kenntnis der Gattung *Volvox.* (Ib. Bd. 39. p. 65.)
III. Ueber den Conjugationsvorgang bei *Spirogyra.* (Ber. d. D. bot. Ges. 1888. p. 68.)
IV. Beiträge zur Kenntnis der Entwickelung und Vereinigung der Geschlechtsprodukte bei *Lilium Martagon.* (Festschr. für K. v. Nägeli u. A. v. Kölliker. Zürich 1891.)
V. On the reduction of the chromosomes in the nuclei of plants. (Annals of Botany. 1893. Vol. 7. No. 25.)

Overton, VI. Mikrotechnische Mitteilungen. (Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. 1890. Bd. 7. p. 9.)
VII. Ueber die Reduktion der Chromosomen in den Kernen der Pflanzen. (Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich. 1893. Bd. 38.)
Palla, E., I. Beobachtungen über Zellhautbildung an des Zellkernes beraubten Protoplasten. (Flora. 1890. p. 314.)
II. Beitrag zur Kenntnis des Baues des *Cyanophyceen*-Protoplastes. (Jahrb. f. w. Botan. 1893. Bd. 25. p. 511.)
Peters, Th., I. Untersuchungen über den Zellkern in den Samen während ihrer Entwickelung, Ruhe und Keimung. [Inaug.-Dissertation.] 1891.
Petit, P., I. Distribution et état du fer dans l'orge. (Comptes rendus. 1892. Vol. 115. p. 246.)
II. Sur une nucléine végétale. (Ib. 1893. Vol. 116. p. 995.)
Pfeffer, W., I. Zur Kenntnis der Plasmahaut und der Vakuolen etc. (Abhandl. der math.-phys. Klasse der K. Sächs. Gesellsch. der Wiss. Bd. 16. p. 187.)
Pfeiffer von Wellheim, F., I. Zur Präparation der Süsswasseralgen. (Pringsheim's Jahrb. f. w. Botan. 1894. Bd. 26.)
Pfitzner, I. Zur morphologischen Bedeutung des Zellkernes. (Morphologische Jahrbücher. Bd. 9. p. 54.)
II. Zur Kenntnis der Kernteilung bei den Protozoen. (Ib. p. 454.)
III. Ueber den feineren Bau der bei der Zellteilung auftretenden fadenförmigen Differenzierungen des Zellkerns. (Ib. Bd. 7. p. 289.)
Pflüger, E., I. Ueber den Einfluß der Schwerkraft auf die Teilung der Zellen. (Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. 1883. Bd. 31. p. 311.)
II. Id. 2. Abhandl. (Ib. Bd. 32. p. 1.)
III. Ueber die Einwirkung der Schwerkraft und anderer Bedingungen auf die Richtung der Zellteilung. (Ib. 1884. Bd. 34. p. 607.)
Piccard, J., I. Ueber Protamin, Guanin und Sarkin, als Bestandteile des Lachssperma. (Ber. d. D. chem. Ges. 1874. Bd. 7. p. 1714.)
Plósz, P., I. Ueber die eiweißhaltigen Substanzen der Leberzelle. (Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. 1873. Bd. 7. p. 371.)
II. Ueber das chemische Verhalten der Kerne der Vögel- und Schlangenblutkörperchen. (Hoppe-Seyler's Med.-chem. Unters. 1871. Heft 4. p. 46.)
Pohl, J., I. Bemerkungen über künstlich dargestellte Nucleïne. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1889. Bd. 13. p. 292.)
Poirault, G. & Raciborski, M., I. Sur les noyaux des Urédinées. (Journ. de Botan. 1895. p. 318.)
Pollacci, G., I. Sulla distribuzione del fosforo nei tessuti vegetali. (Malpighia. 1894. Vol. 8.)
Popoff, P. M., I. Ueber die Einwirkung von eiweißverdauenden Fermenten auf die Nucleïnstoffe. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1893. Bd. 18. p. 533.)
Prillieux, I. Hypertrophie et multiplication des noyaux dans les cellules hypertrophiées des plantes. (Comptes rendus. T. 92. p. 147.)
Protopopoff, I. Sur la question de la structure des bactéries. (Annales de l'Institut Pasteur. 1891. T. 5. p. 332.)
Rabl, I. Ueber Zellteilung. (Morpholog. Jahrb. Bd. 10. 1885. p. 214.)
II. Einiges über Methoden. (Zeitschr. f. w. Mikrosk. 1894. Bd. 11. p. 164.)
Raciborski, M., I. Zur Morphologie des Zellkernes der keimenden Samen. (Anz. der Akad. der Wissensch. in Krakau. 1893. p. 120.)
II. Kritisches Referat über Lilienfeld & Monti (I). (Botan. Zeitg. 1893. 2. Abt. p. 245.)
III. Ueber Chromatophilie der Embryosackkerne. (Anz. d. Akad. d. W. in Krakau. 1893. p. 247.)
IV. Ueber den Einfluß äußerer Bedingungen auf die Wachstumsweise des *Basidiobolus ranarum*. (Flora. 1896. p. 107.)
V. Die Morphologie der Cabombeen und Nymphaeaceen. (Ib. 1894. p. 244.)
Radlkofer. I. Ueber Krystalle proteïnartiger Körper. Leipzig 1859.
Rath, O. vom, I. Zur Kenntnis der Spermatogenese von *Gryllotalpa vulgaris*. (Arch. f. mikrosk. Anat. 1892. Bd. 40. p. 102.)
II. Beiträge zur Kenntnis der Spermatogenese von *Salamandra maculosa*. (Zeitschr. f. wissensch. Zool. 1893. Bd. 57 p. 97.)
III. Ueber die Konstanz der Chromosomenzahl bei Tieren. (Biolog. Centralbl. 1894. p. 449.)
Rauber, A., I. Schwerkraftversuche an Forelleneiern. (Berichte d. Naturf. Ges. zu Leipzig. 1884. Bd. 11. p. 8.)
II. Personalteil und Germinalteil des Individuums. (Zoolog. Anzeiger 1886.)

Raum, J., I. Zur Morphologie und Biologie der Sproßpilze. (Zeitschr. f. Hygiene. 1891. Bd. 10. p. 1.)
Raunkiaer, E., I. Cellekjernekrystalloider hos *Stylidium* og *Aeschynanthus*. (Botanisk Tidskrift. 1887. Bd. 16. p. 41.)
II. Om Krystalloider i cellekärner hos *Pyrolaceae*. (Vidensk. Meddel. f. d. nat. Forening i Kjöbenhavn. 1882. p. 70.)
Rauwenhoff, N. W. P., I. Onderzoekingen over *Sphaeroplea annulina* Ag. (Verhandelingen der Kongl. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam. Deel 26. 1887. — Archives Néerlandaises. T. 22. 1887. p. 91.)
Reinke, F., I. Zellstudien. (Arch. f. mikrosk. Anat. 1894. Bd. 43. p. 377.)
Reinke, J., I. Die chemische Zusammensetzung des Protoplasma von *Aethalium septicum*. (Unters. aus dem botan. Labor. d. Univ. Göttingen. 1881. Heft 2. p. 1.)
II. Beitrag zur physiologischen Chemie von *Aethalium septicum*. (Ib. Heft 3. p. 1.)
Rose, E., I. Recherches biologiques sur l'*Azolla filiculoïdes*. (Mémoires du centenaire de la Société philomatique. 1888.)
Rosen, F., I. Ueber tinktionelle Unterscheidung verschiedener Kernbestandteile und der Sexualkerne. (Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. 5. p. 443).
II. Studien über die Kerne und die Membranbildung bei Myxomyceten und Pilzen. (Ib. Bd. 6. p. 237.)
III. Kerne und Kernkörperchen in meristematischen und sporogenen Geweben. (Ib. Bd. 7. p. 225.)
Rosenvinge, K., I. Sur les noyaux des *Hyménomycètes*. (Annales des sciences naturelles. Botanique. Sér. VII. T. 3. p. 75.)
II. Influence des agents extérieurs sur l'organisation polaire et dorsiventrale. (Revue gén. de botanique. 1889. T. 1. p. 53.)
Roux, W., I. Beiträge zur embryonalen Entwickelungsmechanik. (Breslauer ärztl. Zeitschr. 1884. Jahrg. 6. p. 57.)
II. Beiträge zur Entwickelungsmechanik des Embryo. (Ib. 1885. Bd. 7. p. 64.)
III. Ueber die Bedeutung der Kernteilungsfiguren. Leipzig 1883.
Rückert, J., Zur Eireifung bei Copepoden. (Anatomische Hefte. 1. Abt. 1894. Bd. 4. p. 263.)
II. Die Chromatinreduktion bei der Reifung der Sexualzellen. (Ergebnisse der Anatomie u. Entwickelungsgesch. 1894. Bd. 3.)
Russow, I. Ueber das Vorkommen von Krystalloïden von *Pinguicula vulgaris*. (Sitzungsber. d. Naturf. Ges. b. d. Univ. Dorpat. 1881. Bd. 5. p. 417.)
Sachs, J. v., I. Ueber einzellige Pflanzen. (Sitzungsber. d. Phys.-med. Gesellsch. zu Würzburg. Nov. 1878.)
II. Beiträge zur Zellenlehre. (Flora. 1892. p. 57.)
Sadebeck, I. Untersuchungen über die Pilzgattung *Exoascus*. (Jahrb. d. wissensch. Anstalten zu Hamburg. 1883. p. 93.)
II. Ueber die im Ascus der *Exoasceen* stattfindende Entwickelung der Inhaltsmassen. (Bot. Centralbl. Bd. 25. p. 123.)
III. Die parasitischen *Exoasceen*. (Jahrb. d. Hamb. Wissensch. Anstalten. Bd. 10. Hamburg 1893. No. 2.)
IV. Die Gefäßkryptogamen. (In Schenk's Handb. der Botanik. Bd. 1. p. 147.)
Sargant, E., I. Some details of the first nuclear division in the pollen-mother-cells of Lilium Martagon. L. (Journ. R. Micr. Soc. 1895. p. 283.)
II. Direct nuclear division in the embryo-sac of *Lilium Martagon*. (Annals of Botany. 1896. Vol. 10. p. 107.)
Schaar, F., I. Die Reservestoffbehälter der Knospen von *Fraxinus excelsior*. (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Klasse. Bd. 99. Abt. 1. 1890. p. 291.)
Schaarschmidt, G., I. Zur Morphologie des Chlorophylls und des pflanzlichen Zellkerns. Klausenburg 1881. (Ref. in Botan. Centralbl. 1881. Bd. 7. p. 263.)
Schacht, H., I. Ueber Pflanzenbefruchtung. (Pringsheim's Jahrb. f. w. Bot. 1858. Bd. 1. p. 193.)
Schaffner, J. H., I. The embryo-sac of *Alisma Plantago*. (The Botanical Gazette. 1896. p. 122.)
II. The nature and distribution of attraction-spheres and centrosomes in vegetable cells. (Ib. 1894. p. 445.)
Schenck, H., I. Untersuchungen über die Bildung centrifugaler Wandverdickungen. Inaug.-Diss. Bonn 1884.
Schewiakoff, W., I. Ueber einen bakterienähnlichen Organismus des Süßwassers. (Habilit.-Schr. u. Verhandl. d. Naturhist.-medizin. Vereins zu Heidelberg. 1893. Bd. 5.)

Schimper, A. F. W., I. Ueber die Krystallisation der eiweißartigen Substanzen. (Zeitschr. f. Krystallogr. u. Mineralog. 1881. Bd. 5. p. 131.)
Schindler, S., I. Beiträge zur Kenntnis des Adenins, Guanins und ihrer Derivate. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1889. Bd. 13. p. 432.)
Schleiden, M. J., I. Beiträge zur Phytogenesis. (Müller's Arch. f. Anat., Phys. u. wiss. Med. 1838. p. 137.)
Schmid, B., I. Ueber die Lage des Phanerogamen-Embryo. (Botan. Centralbl. 1894. Bd. 58. p. 1.)
Schmidt, A., I. Ueber Farbenreaktionen des Auswurfs. (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1893. Physiol. Abt. p. 552.)
Schmidt, E., I. Ueber den Plasmakörper der gegliederten Milchröhren. (Botan. Zeitg. 1882. No. 27.)
Schmitz, I. Ueber die Zellkerne der *Thallophyten*. (Verhandl. d. Naturhist. Vereins d. preuß. Rheinlande u. Westfalens. 1880. p. 122.)
II. Untersuchungen über die Zellkerne der *Thallophyten*. (Ib. 1879. p. 345.)
III. Untersuchungen über die Struktur des Protoplasmas und der Zellkerne in Pflanzenzellen. (Ib. 1880. p. 159.)
IV. Die Chromatophoren der Algen. Bonn 1882.
V. Ueber den Bau der Zellen bei den *Siphonocladiaceen*. (Verhandl. d. Naturhist. Vereins d. preuß. Rheinlande u. Westfalens. 1879. p. 142.)
VI. Beobachtungen über die vielkernigen Zellen der *Siphonocladiaceen*. (Festschr. d. Naturf.-Ges. in Halle. 1879. p. 275.)
VII. Untersuchungen über die Befruchtung der *Florideen*. (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1883. p. 215.)
Schneider, R., I. Ueber Eisenresorption in tierischen Organen und Geweben. (Abhandl. d. Kgl. preuß. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1888.)
II. Neue histologische Untersuchungen über die Eisenaufnahme in den Körper des Proteus. (Sitzungsber. d. Kgl. preuß. Akad. d. Wiss. z. Berlin. 1890. p. 887.)
Scholtz, M., I. Die Nutation der Blütenstiele der *Papaver*-Arten und der Sproßenden von *Ampelopsis quinquefolia*. (Cohn's Beiträge z. Biolog. d. Pflanzen. 1892. Bd. 5. p. 373.)
Schorler, I. Untersuchungen über die Zellkerne in den stärkeführenden Zellen des Holzes. Inaug.-Diss. Jena 1883.
Schottelius, M., I. Beobachtungen kernartiger Körper im Innern von Spaltpilzen. (Centralbl. f. Bakteriol. u. Parasitenk. 1888. Bd. 4 p. 705.)
Schottländer, J., I. Ueber Kern- und Zellteilungsvorgänge in dem Endothel der entzündeten Hornhaut. (Arch. f. mikr. Anat. 1888. Bd. 31. p. 426.)
Schottländer, P., I. Beiträge zur Kenntnis des Zellkerns und der Sexualzellen bei Kryptogamen. (Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl. Bd. 6. 1892. p. 267.)
Schulze, E., & Bosshard, E., I. Zur Kenntnis des Vorkommens von Alantoin, Asparagin, Hypoxanthin und Guanin in den Pflanzen. (Zeitschr. f. phys. Chemie. 1885. Bd. 9. p. 420.)
II. Ueber einen neuen stickstoffhaltigen Pflanzenbestandteil. (Ib. 1886. Bd. 10. p. 80.)
Schwarz, Fr., I. Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. (Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl. Bd. 5. Heft 1.)
II. Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des pflanzlichen Zellkerns nach der Teilung. (Ib. Bd. 4. p. 78.)
Schwere, S., I. Zur Entwickelungsgeschichte der Frucht von *Taraxacum officinale* Web. Ein Beitrag zur Embryologie der Compositen. (Flora. 1896. p. 32.)
Scott, D. H., I. On nuclei in *Oscillaria* and *Tolypothrix*. (Journal of the Linnean Society of London. Botany. Vol. 24. p. 188.)
Seeliger, O., I. Giebt es geschlechtlich erzeugte Organismen ohne mütterliche Eigenschaften? (Arch. f. Entwickelungsmechanik. 1895. Bd. 1. p. 203.)
Sjöbring, N., I. Ueber Kerne und Teilungen bei den Bakterien. (Centralbl. f. Bakteriol. u. Parasitenk. 1892. Bd. 11. p. 65.)
Soltwedel, I. Freie Zellbildung im Embryosack der Angiospermen. (Jen. Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 15. p. 341.)
Stahl, E., I. Einfluß der Beleuchtungsrichtung auf die Teilung der Equisetumsporen. (Ber. d. D. botan. Ges. 1885. p. 334.)
Stock, G., I. Ein Beitrag zur Kenntnis der Proteïnkrystalle. (Cohn's Beitr. z. Biol. d Pflanzen. Bd. 6. 1892.)
Stockmayer, S., I. Ueber Spaltalgen. (Ber. d. D. botan. Ges. 1894. p. [102]).
Stolnikow, I. Vorgänge in den Leberzellen, insbesondere bei der Phosphorvergiftung. (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1887. Physiol. Abt. Supplem.-Bd. p. 1.)

Strasburger, I. Zur Entwickelungsgeschichte der Sporangien von *Trichia fallax*. (Botan. Zeitg. 1884. p. 305.)
II. Das botanische Praktikum. Jena 1884.
III. Die *Coniferen* und die *Gnetaceen*. 1872.
IV. Ueber das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den *Gymnospermen*. (Histol. Beitr. 1892. Heft 4. p. 1.)
V. Schwärmsporen, Gameten, pflanzliche Spermatozoiden und das Wesen der Befruchtung. (Ib. p. 49.)
VI. Zellbildung und Zellteilung. 3. Aufl. Jena 1880.
VII. Ueber Kern- und Zellteilung im Pflanzenreich. (Histol. Beitr. Heft 1. Jena 1888.)
VIII. Ueber den Teilungsvorgang der Zellkerne und das Verhältnis der Kernteilung zur Zellteilung. (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 21. p. 476.)
IX. Die Kontroversen der indirekten Kernteilung. (Ib. 1884. Bd. 23. p. 246.)
X. Zu dem jetzigen Stande der Kern- und Zellteilungsfragen. (Anat. Anz. 1893. p. 177.)
XI. Karyokinetische Probleme. (Pringsheim's Jahrb. 1895. Bd. 28. p. 151.)
XII. Ueber periodische Reduktion der Chromosomenzahl im Entwickelungsgang der Organismen. (Biol. Centralbl. 1894. p. 817.)
XIII. Einige Bemerkungen über vielkernige Zellen und über die Embryogenie von Lupinus. (Botan. Zeitg. 1880. p. 845.)
XIV. Bau und Wachstum der Zellhäute. Jena 1882.
XV. Ueber Befruchtung und Zellteilung. Jena 1878.
XVI. Ueber Polyembryonie. (Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. 1878. Bd. 12. p. 647.)
XVII. Die Angiospermen und die Gymnospermen. Jena 1879.

Stutzer, I. Ueber das Vorkommen von Nucleïn in den Schimmelpilzen und in der Hefe. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1882. Bd. 6. p. 572.)

Tangl, E., I. Ueber die Teilung der Kerne in *Spirogyra*-Zellen. (Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. Mathem.-naturwiss. Klasse. Bd. 85. Abt. I. p. 268.)
II. Die Kern- und Zellteilungen bei der Bildung des Pollens von *Hemerocallis fulva* L. (Denkschr. d. mathem.-naturwiss. Kl. d. Akad. d. Wiss. zu Wien. 1882. Bd. 45. Abt. 2. p. 65.)
III. Zur Lehre von der Kontinuität des Protoplasmas im Pflanzengewebe. (Sitzungsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. zu Wien. Mathem.-naturwiss. Klasse. Bd. 90. Abt. I. 1885. p. 10.)

Tangl, Fr., I. Ueber das Verhältnis zwischen Zellkörper und Kern während der mitotischen Teilung. (Arch. f. mikr. Anat. 1887. Bd. 30. p. 529.)

Thoiss, G., I. Ein Beitrag zur Kenntnis des Adenins. (Zeitschr. f. phys. Chemie. 1889. Bd. 13. p. 395.)

Tichomiroff, A., I. Chemische Studien über die Entwickelung der Insekteneier. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1885. Bd. 9. p. 518.)

Trambusti, A., & Galeotti, G., I. Neuer Beitrag zum Studium der inneren Struktur der Bakterien. (Centralbl. f. Bakteriol. u. Parasitenk. 1892. Bd. 11. p. 717.)

Tretjakow, S., I. Die Beteiligung der Antipoden in Fällen der Polyembryonie bei *Allium odorum* L. (Ber. d. D. botan. Ges. 1895. p. 13.)

Treub, I. Sur les cellules végétales à plusieurs noyaux. (Archives Néerlandaises. T. 15. p. 39.)
II. Quelques recherches sur le rôle du noyau dans la division des cellules végétales. Amsterdam 1878.
III. Quelques mots sur les effets du parasitisme de l'Heterodera Javanica dans les racines de la canne à sucre. (Ann. du jard. bot. d. Buitenzorg. Vol. 6. p. 93.)
IV. Sur les Casuarinées et leur place dans le système naturel. (Ib. 1891. Vol. 10. p. 145.)
V. Observations sur les Loranthacées. I und II. (Ib. 1885. Vol. 2. p. 54.)
VI. Id. III. (Ib. 1883. Vol. 3. p. 1.)
VII. Notes sur l'embryon, le sac embryonnaire et l'ovule. (Ib. p. 26.)

Treub, M., & Mellink, J. F. A., I. Notice sur le développement du sac embryonnaire dans quelques Angiospermes. (Arch. Néerlandaises d. sc. exactes et nat. 1880. T. 15. p. 452.)

Trow, A. H., I. The karyology of *Saprolegnia*. (Annals of Botany. 1895. p. 609.)

Vandervelde, G., I. Studien zur Chemie des *Bacillus subtilis*. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1884. Bd. 8. p. 367.)

Verson & Bisson, I. Cellule glandulari ipostigmatiche nel *Bombyx mori*. (Pubblicaz. della Reale Stazione bacologica di Padova. 1891. Citiert nach Flemming.)

Verworn, I. Die physiologische Bedeutung des Zellkerns. (Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. 1892. Bd. 51. p. 1.)

II. Biologische Protistenstudien. I. (Zeitschr. f. wiss. Zool. 1888. Bd. 46.)

III. Id. II. (Ib. 1890. Bd. 50.)

IV. Psycho-physiologische Protistenstudien. Jena 1889.

V. Die polare Erregung der Protisten durch den galvanischen Strom. [Forts.] Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. 1889. Bd. 46.)

VI. Die Bewegung der lebendigen Substanz. Jena 1892.

Virchow, H., I. Ueber die Einwirkung des Lichtes auf Gemische von chromsauren Salzen (resp. Chromsäure), Alkohol und extrahierten organischen Substanzen. (Arch. f. mikrosk. Anat. 1885. Bd. 24. p. 117.)

Vöchting, H., I. Die Bewegung der Blüten und Früchte. Bonn 1882.

Vogl, A., I. Beiträge zur Kenntnis der Milchsaftorgane der Pflanzen. (Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. 1866. Bd. 5. p. 31.)

Vuillemin, I. Études biologiques sur les *Champignons*. (Bull. de la Soc. des sc. de Nancy. 1886. p. 32.)

Wager, H., On a nuclear structure in the Bacteria. (Annals of Botany. 1891. Vol. 5. p. 513.)

II. Observations on the structure of the nuclei in *Peronospora parasitica* and on their behaviour during the formation of the Oospore. (Ib. Vol. 4. p. 127.)

III. On the nuclei of the *Hymenomycetes*. (Ib. 1892. Vol. 6. p. 146.)

IV. On the presence of centrospheres in Fungi. (Ib. 1894. Vol. 8. p. 322.)

V. On nuclear division in the *Hymenomycetes*. (Ib. 1893. Vol. 7. p. 489.)

VI. Reproduction and fertilisation in *Cystopus candidus*. (Ib. 1896. Vol. 10. p. 89.)

Wahrlich, W., I. Bakteriologische Studien. (Scripta botanica. St. Petersburg. 1891. T. 3. Ref.: Bot. Centralbl. 1892. Bd. 49. p. 122.)

II. Zur Frage über den Bau der Bakterienzelle. (Arb. d. St. Petersb. Naturf. Ges. 1891. [Russisch.] Ref.: Ib. Bd. 50. p. 142.)

Waldeyer, I. Ueber Karyokinese und ihre Beziehung zu den Befruchtungsvorgängen. (Arch. f. mikr. Anat. 1888. Bd. 32.)

Weber van Bosse, A., I. Étude sur les Algues parasites des Paresseux. (Natuurkundige Verhandelingen der Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen. 3. Verz. Deel. 5. Stuk 1.)

II. Études sur les Algues de l'Archipel malaisien. II. *Phytophysa Treubii*. (Annal. du jardin botanique de Buitenzorg. 1880. Vol. 8. p. 165.)

Weiss, E., I. The caoutchouc-containing cells of *Eucommia ulmoides* Oliver. (The Transact. of the Linnean Soc. of London. 1892. p. 243.)

Weiss, G. A., I. Ueber gegliederte Milchsaftgefäße im Fruchtkörper von *Lactarius deliciosus*. (Sitzungsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. zu Wien. 1885. Bd. 91. Abt. I. p. 166.)

II. Anatomie der Pflanzen. Wien 1878.

Went, I. Beobachtungen über Kern- und Zellteilung. (Ber. d. D. bot. Ges. 1887. p. 247.)

Wildeman, E. de, Sur les sphères attractives dans quelques cellules végétales. (Bull. de l'Acad. Royale de Belgique. 1891. S. III. T. 21. p. 594.)

II. Sur les sphères attractives dans les cellules végétales. (Bot. Centralbl. Bd. 54. p. 19.)

III. Études sur l'attache des cloisons cellulaires. (Mémoires couronnés et Mémoires d. sav. étr. p. p. l'Acad. R. d. sc. de Belgique. 1893. T. 53.)

IV. Recherches au sujet de l'influence de la température sur la marche, la durée et la fréquence de la caryocinèse du règne végétal. (Annales d. l. Soc. Belge de microscopie. 1891. T. 15. p. 1.)

Wille, I. *Chlorophyceae*. (Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Abt. 2. Teil I. p. 24.)

II. Ueber die Zellkerne und die Poren der Wände bei den *Phycochromaceen*. (Ber. d. D. bot. Ges. 1883. p. 242.)

III. Ueber die Befruchtung bei *Nemalion multifidum*. (Ib. 1894. p. [57]).

Witkowski, I. Zur Histochemie der Ganglienzellen. (Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten. 1882. Bd. 13. p. 724.)

Wittrock, B. v., I. Ueber *Binuclearia*, eine neue *Confervaceen*-Gattung. (Botan. Centralbl. 1887. Bd. 29. p. 60.)

Woltke, G., I. Zur Entwickelungsgeschichte der *Urospora mirabilis* Arsch. (Schrift. d. neu-russ. Naturf.-Gesellsch. Odessa. Bd. 12.)
Wulff, C., Beiträge zur Kenntnis der Nucleïnbasen. (Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1893. Bd. 17. p. 468.)
Zacharias, I. Ueber den Nucleolus. (Botan. Ztg. 1885. p. 257.)
II. Ueber die Zellen der *Cyanophyceen*. (Botan. Ztg. 1890. No. 1.)
III. Ueber Valerian Deinega's Schrift „Der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse über den Zellinhalt der *Phycochromaceen*". (Botan. Ztg. 1891. No. 40.)
IV. Ueber die Zellen der *Cyanophyceen*. (Ib. 1892. No. 38.)
V. Beiträge zur Kenntnis des Zellkerns und der Sexualzellen. (Ib. 1887. No. 18.)
VI. Ueber Chromatophilie. (Berichte d. Deutsch. botan. Ges. 1893. p. 188.)
VII. Ueber die chemische Beschaffenheit des Zellkerns. (Botan. Ztg. 1881. p. 169.)
VIII. Ueber den Zellkern. (Ib. 1882. p. 611.)
IX. Ueber Eiweiß, Nucleïn und Plastin. (Ib. 1883. p. 209.)
X. Ueber Strasburger's Schrift „Kern- und Zellteilung im Pflanzenreich". (Ib. 1888. No. 28.)
XI. Ueber Kern- und Zellteilung. (Ib. No. 3.)
XII. Kritisches Referat über F. Schwarz (I). (Ib. 1887. p. 576.)
XIII. Erwiderung. (Ib. 1888. p. 69.)
XIV. Ueber das Verhalten des Zellkerns in wachsenden Zellen. (Flora. 1895. Erg.-Bd.)
XV. Ueber Beziehungen des Zellenwachstums zur Beschaffenheit des Zellkerns. (Ber. d. Deutsch. bot. Ges. 1894. p. 103.)
XVI. Ueber die chemische Beschaffenheit von Cytoplasma und Zellkern. (Ib. 1893. p. 293.)
Zaleski, I. Studien über die Leber. I. Eisengehalt der Leber. (Zeitschr. für physiol. Chemie. 1886. Bd. 10. p. 453.)
II. Die Vereinfachung von makro- und mikrochemischen Eisenreaktionen. (Ib. 1890. Bd. 14. p. 274.)
Zalewski, A., I. Ueber Sporenbildung in Hefezellen. (Verhandl. der Krakauer Akad. der Wiss. Math.-naturw. Sektion. 1885. Bd. 13. [Polnisch.] Ref.: Bot. Centralbl. Bd. 25 p. 1.)
Zander, R., I. Die Milchsafthaare der *Cichoriaceen*. (Bibliotheca botanica. Heft 37. 1896.)
Zettnow, E., I. Ueber den Bau der Bakterien. (Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenk. 1891. Bd. 10. p. 689.)
Zimmermann, A., I. Die Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Breslau 1887.
II. Ueber die Proteïnkrystalloïde. (Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Heft 1. p. 54.)
III. Ueber Proteïnkrystalloïde. II. (Ib. Heft 2. p. 112.)
IV. Ueber das Verhalten der Nukleolen während der Karyokinese. (Ib. Bd. 2. p. 1.)
V. Die botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892.
VI. Ueber das tinktionelle Verhalten der Zellkernkrystalloïde. (Zeitschr. f. wissensch. Mikrosk. 1893. Bd. 10. p. 211.)
VII. Das Mikroskop. Wien 1895.
VIII. Sammelreferate aus dem Gesamtgebiete der Zellenlehre. I.—VII. (Botan. Centralbl. Beibl. 1893. Bd. 3. p. 206, 320 u. 401.)
IX. Id. VIII. (Ib. 1894. Bd. 4. p. 81.)
X. Ueber die chemische Zusammensetzung des Zellkerns. I. (Zeitschr. für wissensch. Mikrosk. 1896. Bd. 12. p. 458.)
Zopf, W., I. Die Pilztiere oder Schleimpilze. (Schenk's Handbuch der Botanik. Bd. 3. Hälfte 2. p. 1.)
II. Die Pilze. (Ib. 1890. Bd. 4. p. 271.)
III. Zur Kenntnis der Phycomyceten I. (Nova Acta d. K. Leop.-Carol. D. Akad. d. Naturf. 1884. Bd. 47. p. 143.)
Zukal, H., I. Ueber den Zellinhalt der *Schizophyten*. (Sitzungsber. d. K. Akad. d. W. in Wien. Mathem.-naturw. Klasse. 1892. Bd. 101. Abt. I. p. 301.)
II. Zur Frage über den Zellinhalt der *Cyanophyceen*. (Ber. d. D. botan. Ges. 1894. p. 49.)
III. Neue Beobachtungen über einige *Cyanophyceen*. (Ib. p. 256.)

Sachregister.

Pflanzenverzeichnis.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 1571